



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



Análisis del arrastre de contaminantes a la Albufera de Valencia durante las inundaciones de la DANA de 2024 y su relación con la ordenación del territorio.

Trabajo de Fin de Grado

Universidad Politécnica de Madrid

ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural

Grado en Ingeniería en Tecnologías Ambientales

Sebastián Valentín Candelario



Análisis del arrastre de contaminantes a la Albufera de Valencia durante las inundaciones de la DANA de 2024 y su relación con la ordenación del territorio.

Autor/a: Sebastián Valentín Candelario

Titulación: Grado en Ingeniería en Tecnologías Ambientales

Departamento: Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental

Director/a: José Luis García Rodríguez

Codirector/a: George N. Zaimes

Año de presentación: 2025



HOJA DE CALIFICACIÓN

TÍTULO
AUTOR / AUTORA
TITULACIÓN

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Presidente	
	Fdo.
Secretario	
	Fdo.
Vocal	
	Fdo.

Reunido el Tribunal de calificación con fecha _____ ,

acuerda otorgar la CALIFICACIÓN GLOBAL de _____ .

Se propone la concesión de Matrícula de Honor.



Informe explicativo de calificación



Título: Análisis del arrastre de contaminantes a la Albufera de Valencia durante las inundaciones de la DANA de 2024 y su relación con la ordenación del territorio.

Autor: Sebastián Valentín Candelario

RESUMEN

Este estudio analiza la relación entre el arrastre de contaminantes hacia la Albufera de Valencia durante el episodio de DANA del 29 de octubre de 2024 y la ordenación del territorio en los municipios colindantes. A través de un enfoque interdisciplinar, que articula la dimensión ecológica con la planificación urbanística, se evalúa cómo determinadas decisiones territoriales han incrementado la vulnerabilidad ambiental del humedal frente a eventos extremos. Para ello, se delimita un área de estudio basada en criterios conservadores y se caracteriza el territorio desde el punto de vista geomorfológico, ecológico y climático. Se documentan los impactos ambientales derivados del episodio de inundación, especialmente en lo que respecta al transporte de contaminantes a través de la Rambla del Poyo, con especial atención al análisis edafológico como factor clave en los procesos de arrastre. En paralelo, se examinan los instrumentos vigentes de ordenación del territorio y gestión del riesgo de inundación, identificando deficiencias que han contribuido a la intensidad del impacto ambiental. Finalmente, se proponen soluciones integradas que combinan estrategias de prevención, mitigación y adaptación, con el objetivo de reducir los efectos de futuros episodios extremos y avanzar hacia un modelo de ocupación del territorio más resiliente y respetuoso con el ecosistema.

Palabras clave: Contaminantes, Inundaciones, Albufera, Ordenación del territorio.

ABSTRACT

This study analyzes the relationship between the transport of pollutants into the Albufera of Valencia during the DANA (isolated depression at high levels) event of October 29, 2024, and territorial planning in the surrounding municipalities. Through an interdisciplinary approach that combines ecological and urban planning perspectives, the study evaluates how certain territorial decisions have increased the environmental vulnerability of the wetland to extreme weather events. The study area was defined using conservative criteria and characterized from geomorphological, ecological, and climatic standpoints. The environmental impacts resulting from the flooding are documented, with a particular focus on the transport of pollutants through the Rambla del Poyo, emphasizing the critical role of edaphological analysis in pollutant mobilization. In parallel, the project examines the current instruments of territorial planning and flood risk management, identifying deficiencies that contributed to the severity of the environmental impact. Finally, integrated solutions are proposed, combining prevention, mitigation, and adaptation strategies aimed at reducing the effects of future extreme events and promoting a more resilient and environmentally respectful model of land occupation.

Key words: Pollutants, Floods, Lagoon, Land-use planning.



Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural





ÍNDICE

Introducción	10
1.1. Antecedentes de inundaciones.....	10
1.2. Origen y evolución geomorfológica de la albufera de Valencia.....	11
1.3. Situación ecológica y territorial actual.....	13
Objetivos y alcance	15
2.1. Definición del problema.....	16
Metodología	19
Área de estudio.....	20
3.1. Figuras de protección	22
3.2. Inventario de fauna y flora	24
3.3. Meteorología de la DANA y contexto climático.....	30
3.4. Usos del suelo	34
Impactos ambientales	43
4.1. Efectos de las inundaciones en el transporte de contaminantes	43
4.2. Inventario de contaminantes.....	47
4.3. Efectos ecológicos.....	55
4.4. Análisis edafológico del suelo como transporte de contaminantes	57
Planificación y ordenación del territorio.....	64
5.1. Instrumentos de ordenación territorial vigentes (Marco jurídico).....	64
5.2. Zonas inundables.....	71
5.3. Gestión del riesgo.....	77
5.4. Análisis integrado de sensibilidad territorial	79
Soluciones	80
7.1. Futuras líneas de actuación	81
Conclusiones	83
Bibliografía	84

Índice de figuras:

Ilustración 1. Superficie de la Albufera	11
Ilustración 2. Evolución cartográfica de la Albufera de Valencia (1606–actualidad).....	12
Ilustración 3. Imágenes satelitales del antes y el después del evento de inundación.....	14
Ilustración 4. Área de estudio con zona inundada y municipios afectados	21
Ilustración 5. Parque Natural de la Albufera con protección RAMSAR y Red Natura 2000....	23
Ilustración 6. Mapa del NDVI del área de estudio	29
Ilustración 7. Mapa de precipitación acumulada del 29 de octubre de 2024.....	32
Ilustración 8. Diagrama ombrotérmico del área de estudio	33
Ilustración 9. Mapa del uso agrícola del suelo.....	36
Ilustración 10. Mapa del uso industrial del suelo	37
Ilustración 11. Mapa del uso urbano del suelo.....	38
Ilustración 12. Mapa de parcelas del catastro afectadas por municipios	39
Ilustración 13. Mapa del uso del suelo en el área inundada	39
Ilustración 14. Gráfico circular de distribución del uso del suelo en el área inundada.	40
Ilustración 15. Mapa del potencial contaminante del suelo según su uso	42
Ilustración 16. Redistribución de contaminantes durante una inundación fluvial.....	43
Ilustración 17. Modelo 3D de la cuenca	45
Ilustración 18. Individuos de <i>E. orbicularis</i> y <i>M. leprosa</i> ahogados.....	56
Ilustración 19 y 20. Mapa de fragmentos rocosos y densidad aparente.....	59
Ilustración 21 y 22. Mapa de la capacidad de agua disponible y materia orgánica	59
Ilustración 23. Mapa de clases texturales USDA.	59
Ilustración 24. Mapa de vulnerabilidad al arrastre según características del suelo	63
Ilustración 25. Efecto de la ordenación territorial sobre las inundaciones	64
Ilustración 26. Mapa de niveles de peligrosidad del PATRICOVA	75
Ilustración 27. Mapa de niveles de riesgo del PATRICOVA	75
Ilustración 28. Mapa del índice de impacto potencial	79



Índice de tablas:

Tabla 1. Inventario de fauna registrada en la Rambla del Poyo

Tabla 2. Inventario de fauna en el Parque Natural de la Albufera

Tabla 3. Precipitaciones más destacadas del 29 de octubre de 2024

Tabla 4. Ponderación de usos del suelo (elaboración propia)

Tabla 5. Inventario general de contaminantes

Tabla 6. Parámetros de calidad del agua medidos tras la DANA, comparativa entre dos fechas.

Tabla 7. Ponderaciones de propiedades

Introducción

1.1. Antecedentes de inundaciones

La región de Valencia posee un largo historial de inundaciones severas, reflejo de su climatología mediterránea caracterizada por episodios torrenciales recurrentes. Las lluvias intensas asociadas a DANA (Depresiones Aisladas en Niveles Altos), conocidas coloquialmente como gota fría, han producido riadas catastróficas en repetidas ocasiones con importantes implicaciones sobre el desarrollo urbanístico. Uno de los casos más representativos fue la riada de octubre de 1957, cuando el río Turia se desbordó, provocando una grave crisis socioeconómica. Como respuesta, se aprobó el denominado Plan Sur, que incluyó la construcción del Nuevo Cauce del Turia, diseñado para desviar caudales de hasta 5.000 m³/s al sur de la ciudad. Esta infraestructura transformó profundamente la planificación urbana posterior y redujo significativamente la exposición al riesgo de inundación en el núcleo urbano de Valencia (Puertes & Francés, 2016).

Otro precedente especialmente significativo fue el episodio de inundación ocurrido en la comarca de la Ribera Alta en octubre de 1982, conocido como "la pantanada", consecuencia de la rotura de la presa de Tous en la cuenca del río Júcar. El colapso de la infraestructura generó caudales punta estimados en torno a los 10.000 m³/s, lo que provocó extensas inundaciones y numerosas víctimas mortales. Este desastre tuvo un fuerte impacto tanto social como institucional, y motivó importantes reformas en materia de ingeniería hidráulica, normativa de seguridad en presas y planificación hidrológica a escala estatal. (Alcrudo & Mulet, 2007).

Estos eventos históricos ejemplifican la elevada peligrosidad de inundación en el litoral valenciano, donde la confluencia de factores meteorológicos extremos y la topografía de cuencas pequeñas genera crecidas repentinas gran destructividad (Llasat et al., 2010). Estudios paleoclimáticos e históricos confirman la alta recurrencia de inundaciones en la fachada mediterránea ibérica, de hecho, se han documentado más de 2.600 episodios severos en los últimos siete siglos en las cuencas valencianas (Barriendos et al., 2020). Además, la frecuencia de estos eventos extremos parece estar relacionado con el aumento de la temperatura en el mar Mediterráneo, bajo el contexto actual de cambio climático (Faranda et al., 2024).

En resumen, los antecedentes evidencian que la ciudad de Valencia y su entorno están expuestos de forma reiterada a inundaciones catastróficas, inscribiendo el problema en una dinámica mediterránea cíclica y de amplia escala temporal. Esta realidad histórica realza la importancia de analizar la gestión del territorio y la planificación preventiva frente a crecidas, desde un punto de vista tanto urbanístico como ambiental, para así mitigar los impactos de futuros eventos extremos.

1.2. Origen y evolución geomorfológica de la albufera de Valencia

El Parque Natural de la Albufera de Valencia es una cuenca lacustre costera cuyo origen se remonta al Holoceno reciente, su morfogénesis ha estado ligada a los aportes sedimentarios de los ríos y al modelado litoral. Su formación inicial se debe al cierre progresivo de una antigua bahía marina debido a la acumulación de materiales sedimentarios provenientes del río Turia y sus afluentes, combinados con los aportes sedimentarios generados por la dinámica litoral y marina del Mediterráneo. Este proceso de colmatación costera se inició hace aproximadamente 6.000 años, con la formación de cordones de dunas sucesivos que acabaron aislando la laguna del mar (Rosselló, 1972). La separación definitiva de la laguna respecto al mar ocurrió hacia la época romana, momento en el cual la Albufera presentaba aún carácter salobre y una extensión muy superior a la actual, además de los primeros asentamientos humanos de importancia (Ferrer García, 2005).

A lo largo de los siglos, la Albufera ha experimentado una drástica reducción de tamaño y profundidad debido tanto a la sedimentación torrencial como a la intervención humana. Por un lado, los arrastres aluviales de los cinco barrancos principales de su cuenca han ido colmatando la cubeta natural del lago con depósitos finos y materiales erosionados de las sierras circundantes. Por otro lado, desde la Edad Media se han desecado gradualmente las zonas periféricas del humedal para destinarlas a agricultura, uno de sus tres usos principales, dedicada principalmente al cultivo de arroz y reduciendo el tamaño de la laguna. Como resultado de esta progresiva colmatación y ganancia de tierras, la superficie lacustre abierta ha disminuido hasta aproximadamente 2.500 hectáreas en la actualidad, con una profundidad media que apenas alcanza 1 metro. (Soria et al., 2021).

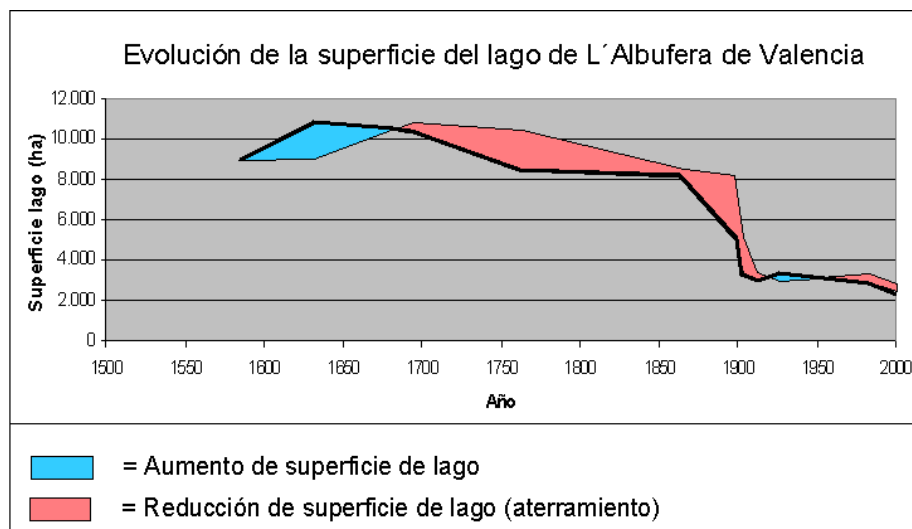


Ilustración 1. Superficie de la Albufera. Fuente: TYPSA, 2003

La antigua albufera extensa se ha transformado así en un sistema somero y controlado, rodeado de marjales y arrozales planos. Además, a largo de su historia su salinidad ha fluctuado fuertemente en función de los aportes de los ríos y los temporales marinos. Durante la Edad Moderna, la laguna se conectaba al mar a través de un amplio canal natural, conocido como gola de la Albufera. Hasta que, en 1607 se construyó la primera compuerta fija (la compuerta Antonelli) aunque efímera y vulnerable a la fuerza de las tormentas, la estructura interrumpió la entrada de agua salada en la laguna. Sin embargo, no fue hasta la segunda mitad del siglo XX que se instalaron suficientes golas (canales artificiales) que terminaron de regular el intercambio hídrico con el mar y consolidó el carácter dulceacuícola de la Albufera (Ferrer García, 2005). Esto supuso la dependencia de los aportes del río Júcar para mantener sus condiciones ecológicas.



Ilustración 2. Evolución cartográfica de la Albufera de Valencia (1606-actualidad). Fuente: Hondius, J. (1606). Regni Valentiae Typus. Biblioteca Digital Hispánica (BNE); Instituto Geográfico Nacional (IGN), ME1250.

El 3 de junio de 1927 se formalizó un momento clave en su historia reciente, cuando el rey Alfonso XIII firmó el acta de cesión del lago y la Dehesa de la Albufera al Ayuntamiento de Valencia. En este documento se especificó una superficie de 3.114 hectáreas para el lago, y se transfirió la gestión del espacio natural a las administraciones públicas. Esta cesión oficializó una transformación del paisaje iniciada siglos atrás, consolidando su uso múltiple como espacio agrícola, cinegético y, progresivamente, como área protegida de interés ambiental.

En resumen, la evolución geomorfológica de la Albufera refleja la combinación prolongada de procesos litorales y fluviales naturales con acciones antrópicas, especialmente el drenaje de marjales y los rellenos para ampliar la superficie cultivable. Este legado físico-geográfico define actualmente la morfología cerrada de la laguna, su escasa profundidad y su carácter endorreico. Todo ello condiciona directamente su capacidad hidráulica y acentúa su vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos, al encontrarse situada en una depresión rellena que actúa como sumidero natural de aguas en la llanura aluvial valenciana.

1.3. Situación ecológica y territorial actual

Actualmente, el estado ecológico de la Albufera de Valencia refleja décadas de transformación territorial y presión antrópica acumulada. Históricamente ligada a la actividad agrícola, la laguna ha sido profundamente modificada por la intensificación del cultivo del arroz, especialmente a través de sistemas hidráulicos como los *tancats* y las compuertas de regulación que alteran los flujos naturales del agua. Este modelo de uso ha generado una fuerte dependencia de los retornos de riego, modificando el régimen hidrológico típico de los humedales mediterráneos y reduciendo la capacidad de autorregulación del ecosistema (Amador et al., 2024).

Uno de los efectos más graves de este proceso ha sido la eutrofización crónica del lago. El uso masivo de fertilizantes químicos ha incrementado las concentraciones de nitratos y fosfatos, provocando un exceso de nutrientes que alimenta proliferaciones de fitoplancton y algas, con consecuencias como pérdida de transparencia, reducción de oxígeno disuelto y episodios de hipoxia, que afectan negativamente a la biodiversidad acuática (Soriano et al., 2024). A pesar de ciertos avances en la depuración urbana, la Albufera sigue recibiendo aportes significativos de contaminantes difusos y emergentes, como plaguicidas y compuestos farmacéuticos, provenientes tanto de la agricultura como de vertidos urbanos e industriales (Sadutto, 2021).

La configuración territorial actual de la Albufera evidencia un proceso prolongado de transformación del entorno natural. La pérdida progresiva de superficies agrícolas tradicionales ha ido acompañada de la expansión de áreas urbanas y periurbanas, lo que ha contribuido a la desconexión funcional entre el lago y su entorno. En este contexto, la mayor parte del agua que recibe el ecosistema ya no proviene de aportes naturales, sino de retornos agrícolas vinculados al cultivo intensivo del arroz. Esta alteración ha modificado el patrón hidrológico típico de los humedales mediterráneos, donde históricamente los mayores caudales se producían en otoño e invierno. Actualmente, el volumen hídrico se concentra en verano, coincidiendo con el ciclo de cultivo, lo que desajusta el funcionamiento ecológico del lago (Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio, Generalitat Valenciana [CMIT-GV], s. f.)

Este cambio estacional en el régimen hídrico afecta directamente a procesos fundamentales para la vida silvestre. Durante el invierno, cuando el ecosistema debería contar con una mayor renovación de agua, los caudales son bajos, lo que reduce la calidad del hábitat para aves migratorias y peces. Esto, junto con la situación persistente de hiper-eutrofización provocada por elevadas cargas de nutrientes acumulados procedentes de la agricultura intensiva, así como por vertidos urbanos e industriales, genera un desequilibrio ecológico sostenido en un territorio fuertemente artificializado y con una capacidad de recuperación cada vez más limitada.

Situación post-evento:

El episodio de DANA del 29 de octubre de 2024 constituyó un evento meteorológico extraordinario que desencadenó inundaciones súbitas con consecuencias devastadoras tanto en el plano ambiental como en el social, con un impacto que desplazó a más de 15.000 residentes y provocó daños materiales valorados en más de 50.000 millones de euros, además de un elevado número de víctimas humanas (Martín-Moreno et al., 2025). Se inundaron unas 42.550 hectáreas de zonas agrícolas, áreas residenciales e industriales en cotas bajas (CMIT-GV, 2025).

A nivel ambiental, la Albufera experimentó una alteración significativa de su equilibrio ecológico. La entrada masiva de agua dulce provocó inicialmente una mejora temporal en algunos parámetros, lo que favoreció ciertos procesos de renovación hídrica. Sin embargo, esta mejora fue contrarrestada por una intensa carga de contaminantes arrastrados, incluyendo sedimentos, aguas nutrientes y aguas residuales, que alteraron la calidad ecológica del humedal. En algunos casos, se detectaron niveles de nutrientes hasta cuatro veces superiores a los registros previos, evidenciando el efecto directo del arrastre sobre un ecosistema ya eutrofizado (Soria et al., 2025).



Ilustración 3. Imágenes satelitales del antes y el después del evento de inundación. **Fuente:** NASA

Este evento ha puesto de manifiesto la estrecha relación entre las dinámicas de inundación y la vulnerabilidad del territorio. La alteración del paisaje como puede ser la canalización de barrancos ha condicionado la distribución del agua y de los contaminantes, intensificando el impacto ambiental del episodio. Esta sección introduce, por tanto, el núcleo del problema: el papel de la ordenación territorial en la magnitud del arrastre de contaminantes hacia la Albufera durante la DANA de 2024. En los apartados siguientes se abordarán con mayor detalle sus implicaciones ecológicas, indicadores ambientales y las deficiencias detectadas en la planificación del territorio.

Objetivos y alcance

El objetivo general del TFG es analizar la relación entre el arrastre de contaminantes hacia la Albufera de Valencia durante la DANA del 29 de octubre de 2024 y la ordenación del territorio en los municipios colindantes, evaluando cómo las decisiones territoriales han influido en la magnitud del impacto ambiental. Conformando así el objetivo principal del proyecto, vinculando la perspectiva ecológica y urbanística en un mismo estudio.

Para la consecución del objetivo, se llevarán a cabo otras acciones que corresponden a una serie de objetivos específicos:

- Delimitar del área de estudio mediante sistemas cartográficos, para caracterizar el territorio desde puntos de vista geográfico, hidrológico, climático y usos del suelo.
- Documentar los impactos ambientales y urbanos en el entorno de la Albufera.
- Analizar los posibles efectos que tuvo la DANA sobre la calidad del agua del humedal, teniendo en cuenta las variables químicas y biológicas.
- Estudiar el marco legislativo de planificación territorial y gestión del riesgo de inundación que se aplica en la zona afectada.
- Identificar los posibles fallos de planificación que hayan contribuido a la severidad del arrastre contaminante.
- Detectar aquellas áreas del territorio que son más vulnerables al arrastre de contaminantes y el respectivo riesgo asociado.
- Proponer medidas realistas con el fin de evitar futuras consecuencias, considerando tanto las soluciones ya planteadas como las que todavía están en vías de desarrollo.

2.1. Definición del problema

El problema central de este trabajo radica en el impacto ambiental generado por el arrastre masivo de contaminantes hacia un espacio protegido y altamente vulnerable. Entre los elementos transportados se encontraron electrodomésticos, restos urbanos, aguas fecales y hasta vehículos, que afectaron gravemente al ecosistema del parque natural. Este arrastre no fue aleatorio, sino condicionado por el uso del suelo en los municipios colindantes y por las transformaciones del territorio. Las decisiones de ordenación urbana, agrícola e hidráulica han determinado tanto la magnitud del flujo contaminante como la vulnerabilidad de los ecosistemas receptores, haciendo evidente la necesidad de analizar la relación entre planificación territorial y deterioro ambiental.

La problemática comienza tras las graves inundaciones ocurridas en el siglo XVIII y consecutiva construcción de un cauce artificial para conectar los barrancos del Poyo y del Gallego. Posteriormente, este nuevo cauce fue ampliado hasta el barranco de l'Horteta. Como consecuencia, los cursos de agua que anteriormente fluían hacia la llanura y luego desembocaban en el río Turia, circulan desde entonces por un cauce nuevo (el actual barranco de Poyo) que se dirige hacia la Albufera y desemboca en la zona noreste de la laguna (Soria et al., 2025). Ya para mediados del siglo XX, muchos de los ríos del Mediterráneo habían experimentado una clara transformación, las formas fluviales se simplificaron y la disponibilidad de sedimentos disminuyó notablemente, dando lugar a un comportamiento fluvial muy distinto al actual.

En las regiones mediterráneas, gran parte de los cursos fluviales presenta un régimen de flujo discontinuo, caracterizado por la ausencia temporal de agua. Este tipo de sistemas, conocidos como ríos intermitentes o estacionales, han sido tradicionalmente ignorados tanto por la gestión territorial como por la investigación científica. Bajo el acrónimo IRES (intermittent rivers and ephemeral streams), se agrupan aquellos cauces que cesan total o parcialmente su flujo en determinados periodos del año. Aunque constituyen más del 50 % de la red fluvial mundial y una proporción aún mayor en cuencas mediterráneas, su función hidrológica y ecológica ha sido infravalorada, lo que ha contribuido a su degradación (Thomsen, Farinós, & Perero, 2021).

La cuenca del Barranco del Poyo se presenta así como el eje central de este estudio, al tratarse de un sistema de barrancos efímeros profundamente degradado. Debido, entre otros factores, a la extracción de gravas en su lecho (Benito et al., 2024), el abandono institucional y social, la escasa cobertura vegetal y una planificación territorial deficiente. Todos estos elementos convierten a la cuenca en un escenario especialmente propicio para el arrastre de sustancias contaminantes, cuyo impacto, como veremos más adelante, se intensifica en el entorno de la Albufera.

Otro aspecto especialmente peligroso fue la presencia de lodos o sedimentos arrastrados desde todos los cauces que, a grandes rasgos, es el barro característico del evento, que consiguió extenderse por urbanizaciones enteras y supuso un peligro mayor para las poblaciones de la zona. Según investigadores del Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC), los materiales sólidos no solo pueden agravar considerablemente los daños durante una riada, sino que además incrementan la fuerza del flujo, potenciando su capacidad destructiva (Vázquez, Díez Herrero, & Vela, 2024). Su repercusión todavía es objeto de estudio y, para su identificación, se utilizaron sistemas satelitales con índices muy efectivos para caracterizar el impacto (Alcaras, 2025).

El flujo constante de agua que cubrió la Albufera durante este evento trajo consigo una acumulación de sedimentos muy superior a la tasa habitual de sedimentación. Este término hace referencia al volumen bruto de sedimentos que se depositan en un lago, normalmente expresado en hectómetros cúbicos por año. Este fenómeno ocurre cuando la velocidad de la corriente disminuye, lo que favorece la decantación de partículas y está directamente relacionado con la reducción del volumen útil de agua y con el avance del proceso de eutrofización.

Según un estudio realizado por Investigadores del grupo de Limnología del Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universidad de Valencia los resultados indican que cerca de seis centímetros de sedimento han sido acumulados tras la DANA del 29 de octubre, equivalentes a unos treinta años de sedimentación, según la tasa habitual del lago. Estos números son más impactantes si se tiene en cuenta que, en otras riadas ocurridas anteriormente en la zona, los valores de la deposición se aproximaban a un aumento del espesor de entre 0,5 a 2 milímetros.

En definitiva, los sedimentos fueron uno de los factores más perjudiciales del evento, con consecuencias ambientales agravadas por el colapso de la red de saneamiento en Valencia tras la DANA. La acumulación y solidificación del lodo en las tuberías ralentizó notablemente las labores de limpieza y puso de manifiesto la incapacidad del sistema de alcantarillado para evacuar grandes volúmenes de materiales arrastrados. Este colapso confirma la respuesta extremadamente rápida de la cuenca ante lluvias intensas, lo que refleja una alta capacidad de arrastre de contaminantes. Además, la conexión entre cauces y llanuras de inundación, junto con el desbordamiento de barrancos, desempeña un papel fundamental en la dinámica fluvial y en la laminación de crecidas, ya que atenúa los picos de caudal pero facilita la dispersión de sedimentos y sustancias potencialmente contaminantes hacia áreas colindantes.

Justificación del estudio:

En un principio, este trabajo contemplaba también el análisis de los posibles impactos sobre las aguas subterráneas. Un equipo de investigadores del CSIC ha planteado la hipótesis de que durante el episodio de DANA pudieron filtrarse al subsuelo diversos contaminantes, como hidrocarburos, aceites, compuestos farmacéuticos, metales pesados, fitosanitarios o residuos procedentes de vehículos y electrodomésticos arrastrados por la riada. Estos elementos podrían haber afectado tanto a la calidad como a la dinámica de los acuíferos del entorno. Sin embargo, dado que estas investigaciones aún se encuentran en curso y no se dispone de resultados concluyentes, se ha optado por excluir deliberadamente el medio subterráneo del presente análisis. Esta decisión metodológica se basa, además, en la complejidad físico-química y numérica que supone el estudio del transporte de contaminantes en medios porosos.

En primer lugar, el comportamiento de los contaminantes en el subsuelo está regido por procesos acoplados de advección, difusión y dispersión, a los que se suman múltiples interacciones reactivas entre los solutos y el medio geológico, como la adsorción, la precipitación, la disolución o el intercambio iónico. Estas interacciones hacen que los contaminantes se comporten de forma reactiva y no conservativa, lo que obliga al uso de modelos numéricos complejos, como MODFLOW o MT3DMS, que requieren datos hidrogeoquímicos, cinéticos y estructurales específicos del suelo, actualmente no disponibles para este estudio.

Incluso en aquellos casos en los que se asume un sistema ideal no reactivo, la dinámica entre advección, difusión y dispersión en el flujo subterráneo sigue siendo un proceso lento, altamente sensible a variables como la porosidad, la heterogeneidad del medio y las condiciones de contorno. Esto introduce una incertidumbre difícil de controlar en un estudio con escala regional y alcance temporal limitado, como el que aquí se plantea.

Por tanto, y especialmente en el contexto de eventos extremos como la DANA de 2024, donde se produce una saturación rápida del suelo y una respuesta torrencial de las cuencas hidrográficas, el mecanismo más directo, cuantificable y relevante de transporte de contaminantes es el de la escorrentía superficial. Esta constituye la vía principal de arrastre de sustancias potencialmente contaminantes desde zonas agrícolas y urbanas hacia el ecosistema receptor, en este caso, el humedal de la Albufera de Valencia.

Metodología

El presente estudio se ha desarrollado siguiendo una metodología interdisciplinar de tipo técnico-ambiental, basada en el análisis espacial del territorio, la evaluación de impactos ambientales derivados de un evento de precipitación extrema, y la revisión crítica del marco normativo vigente en materia de planificación territorial y gestión del riesgo de inundación.

El planteamiento metodológico se estructura en varias fases sucesivas:

1. **Delimitación y caracterización del área de estudio.** Se ha realizado a partir de cartografía oficial de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la Conselleria de Medio Ambiente. Se han empleado herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en concreto el software ArcGIS, para definir la cuenca de vertido hacia la Albufera y representar la distribución espacial de los usos del suelo, las zonas inundadas, y los niveles de vulnerabilidad ambiental.
2. **Análisis de datos espaciales y ambientales.** El estudio incorpora tanto capas vectoriales como datos ráster procedentes de fuentes como el programa Copernicus (Sentinel-2), ESDAC (European Soil Data Centre) y el PATRICOVA. Se han generado mapas de NDVI, uso del suelo, peligrosidad, riesgo y vulnerabilidad edáfica, con el fin de caracterizar el comportamiento hidrológico del territorio.
3. **Inventario de contaminantes y evaluación de impactos.** A partir de la revisión de informes técnicos (AEMET, CHJ, CEAM, CSIC) y publicaciones científicas recientes, se ha elaborado un inventario funcional de contaminantes, clasificándolos según su origen y su forma de transporte en el medio. Asimismo, se ha analizado la evolución de los parámetros de calidad del agua en el humedal, antes y después del evento, como base para la evaluación de impactos ecológicos.
4. **Estudio del marco normativo y de los instrumentos de ordenación.** Se ha revisado en profundidad el marco legal aplicable al área de estudio, incluyendo la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana, los Planes de Acción Territorial (PAT), el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), y el PATRICOVA. El objetivo ha sido identificar posibles deficiencias en la planificación del territorio que hayan podido agravar el impacto ambiental del evento.
5. **Análisis integrado de sensibilidad territorial.** Como fase final, se ha desarrollado un índice de impacto potencial mediante la superposición de variables edáficas y de uso del suelo, con el fin de detectar zonas críticas especialmente vulnerables al transporte de contaminantes en episodios de escorrentía intensa.

Área de estudio

Las inundaciones producidas el 29 de octubre de 2024, según el Fondo Español de Garantía Agraria O.A. (FEGA), afectaron principalmente a 78 municipios, recogidos en el Anexo I del Real Decreto-ley 6/2024, de 5 de noviembre, de los cuales 76 se encuentran en la provincia de Valencia. Para que el presente estudio resulte lo más representativo posible, se han tenido en cuenta los núcleos poblacionales más afectados, la delimitación oficial del área inundada y los distintos calados registrados, que en algunos puntos superaron los 5 metros.

Dado que el presente estudio se centra exclusivamente en la Albufera y su entorno inmediato, se han delimitado como área de análisis únicamente aquellos términos municipales atravesados por cauces que vierten directamente en la laguna. La cuenca seleccionada proviene de la cartografía oficial de la red hidrográfica elaborada por la CHJ. Esta cuenca está compuesta por un conjunto de barrancos que, dependiendo de la zona en la que se ubiquen, reciben diferentes denominaciones. Sin embargo, todos ellos hacen referencia al mismo sistema fluvial.

En esta fase preliminar, resulta imprescindible analizar la hidrología del entorno y determinar cuáles son las zonas más críticas para la Albufera ante un evento de estas características. Según el Estudio Ambiental Estratégico del Plan Hidrológico de la Demarcación del Júcar 2022-2027, la **Rambla del Poyo**, en su tramo entre Paiporta y el Parque Natural de la Albufera, se clasifica como un cauce muy modificado que incumple el buen estado en sus componentes químico, biológico, físico-químico e hidromorfológico. Sobre ella actúan presiones significativas como fuentes difusas agrícolas y urbanas, vertidos puntuales y una intensa alteración morfológica. Además, un valor de 0,82 en el índice WEI+ pone de manifiesto una situación de sobreexplotación hídrica insostenible, ya que cifras tan altas indican que la extracción de agua dulce supera la capacidad natural del sistema para regenerarla. Estudios previos de la Confederación Hidrográfica del Júcar también la señalan como el principal cauce de transporte de sedimentos hacia la laguna, con acumulaciones detectadas hasta dos kilómetros desde su desembocadura. Esta combinación de factores justifica que la Rambla del Poyo y la Albufera constituyan conjuntamente el área de estudio de este trabajo, al conformar un sistema interconectado y especialmente vulnerable ante episodios de lluvia extrema, donde el arrastre de contaminantes resulta crítico.

A ello se suma el carácter endorreico de este sistema fluvial, cuya red de drenaje no conecta con el mar, sino que desemboca directamente en la laguna de la Albufera. Esta condición geomorfológica convierte al humedal en un punto de acumulación natural de escorrentías y contaminantes, lo que intensifica su exposición durante episodios extremos como la DANA.

Existen múltiples fuentes cartográficas que han representado el área inundada durante la DANA del 29 de octubre de 2024. De hecho, la Universidad de Valencia desarrolló una de las primeras delimitaciones en tiempo récord, apenas diez días después del suceso. No obstante, para este estudio se ha intentado trabajar con la información más actualizada disponible. Aunque la delimitación oficial aún se encuentra en proceso, se ha tomado como referencia una propuesta aproximada del Servicio de Gestión de Riscos en el Territorio (Dirección General de Urbanismo, Paisaje y Evaluación Ambiental). Esta propuesta ofrece una estimación realista y detallada del posible comportamiento del agua durante la inundación.

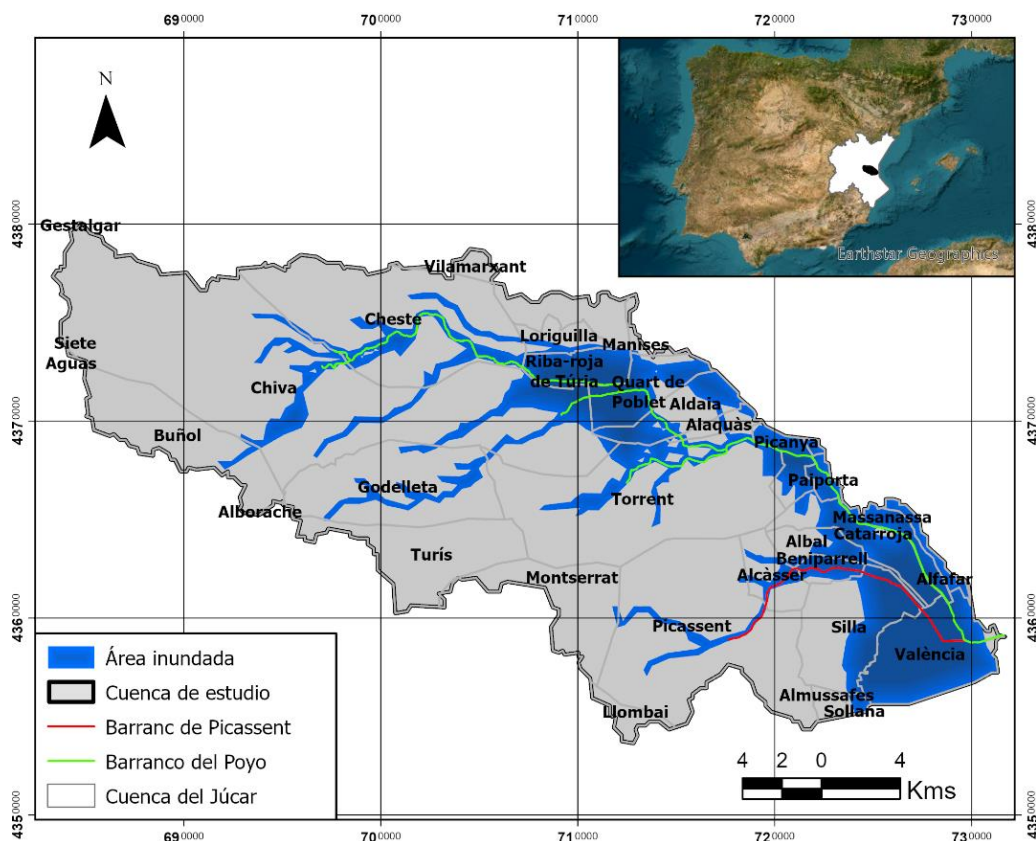


Ilustración 4. Área de estudio con zona inundada y municipios afectados. Fuente: Elaboración propia.

Según la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), y a partir de los datos de la cuenca hidrográfica del Júcar, se han identificado dos tramos fluviales que desembocan directamente en la Albufera y que se han considerado fundamentales para delimitar el área de estudio: el Barranco del Poyo y el Barranco de Picassent. Ambos atraviesan diversos núcleos urbanos desempeñando un papel clave en el arrastre de aguas pluviales hacia el humedal. Asimismo, la Albufera de Valencia representa un enclave único de alto valor ecológico. Esta singularidad, unida a su función como ecosistema receptor, justifica la necesidad de una caracterización específica desde el punto de vista ambiental, normativo y territorial

3.1. Figuras de protección

El territorio que engloba la Albufera de Valencia presenta unas condiciones únicas en el territorio español, disponiendo de una variedad de hábitats con abundantes especies de fauna y flora, lo que le confiere una gran diversidad global, en especial las aves acuáticas. Además, es relevante mencionar la presencia de endemismos mediterráneos descritos en el siguiente apartado. Por tanto, debido a sus valores bióticos, recursos económicos, valores culturales y protección de riesgos, la Albufera de Valencia es considerada un espacio con singularidades merecedoras de una protección especial a través de diferentes figuras administrativas y dependiendo de su alcance:

A nivel estatal, el espacio natural estuvo prácticamente inalterado hasta que en los años 60 del siglo XX se inicia un Plan de Urbanización de la Devesa que amenaza su preservación. Las protestas populares y su progresivo reconocimiento como espacio de gran valor medioambiental desencadenan un proceso que acabará finalmente con la declaración del primer espacio natural protegido de la Comunidad Valenciana. De tal modo, no fue hasta el año 1986 que se reconoce como Espacio Natural Protegido, específicamente declarado como Parque Natural y amparado por la actual *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* adaptada de acuerdo con el nuevo orden constitucional. Esta figura conlleva una variedad de gestiones administrativas con el fin de otorgar una atención preferente a la conservación de sus valores ecológicos y científicos. Además, está incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana, aprobado en el año 2002, donde se destaca que tanto los valores bióticos como los recursos económicos y culturales son calificados con la máxima categoría.

A nivel comunitario, el Parque Natural es reconocido también como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en virtud de la Directiva Aves 79/409/CEE, asegurando la protección de aquellas aves amenazadas tan representativas de la zona húmeda, con el fin de evitar su extinción o las posibles perturbaciones en sus rutas migratorias. Asimismo, fue designada inicialmente como Lugar de Importancia Comunitario (LIC) por la Directiva Hábitats 92/43/CEE hasta que, una vez aprobado su plan de gestión, evolucionó naturalmente a ser declarado Zona de Especial Conservación (ZEC). Tanto el ZEC como el LIC son figuras que pertenecen a una red ecológica de áreas o lugares de conservación de la biodiversidad en la Unión Europea, denominada Red Natura 2000 que le confiere al Parque 27.538 ha de protección en el ámbito europeo.

A nivel internacional, el Parque Natural de la Albufera de Valencia fue designado en 1990 como Sitio Ramsar, integrándose en la Lista de Humedales de Importancia Internacional establecida por la Convención de Ramsar (Irán, 1971). Esta convención tiene como objetivo la conservación y el uso racional de los humedales por su valor ecológico, hidrológico, biológico y socioeconómico.

La inclusión de la Albufera en esta lista responde a su relevancia como ecosistema único en el contexto mediterráneo, cumpliendo al menos seis de los nueve criterios Ramsar de selección.

Entre ellos destacan:

- Su condición de humedal representativo y singular (Criterio 1).
- El hecho de albergar especies amenazadas (Criterio 2).
- Su papel en el mantenimiento de la diversidad biológica regional (Criterio 3).
- Su función esencial como refugio de aves migratorias y espacio clave durante etapas críticas del ciclo biológico (Criterio 4).
- La presencia regular de más de 20.000 aves acuáticas (Criterio 5).
- Y la acogida de más del 1 % de poblaciones de especies de aves acuáticas (Criterio 6).

La delimitación del sitio Ramsar coincide con los límites oficiales del Parque Natural, abarcando la laguna, los arrozales, las zonas de marjal y los ecosistemas asociados. En cambio, la Red Natura 2000, aunque se solapa parcialmente con esta superficie, se extiende también hacia el litoral costero, incorporando playas y áreas marinas adyacentes que no están incluidas en el sitio Ramsar.

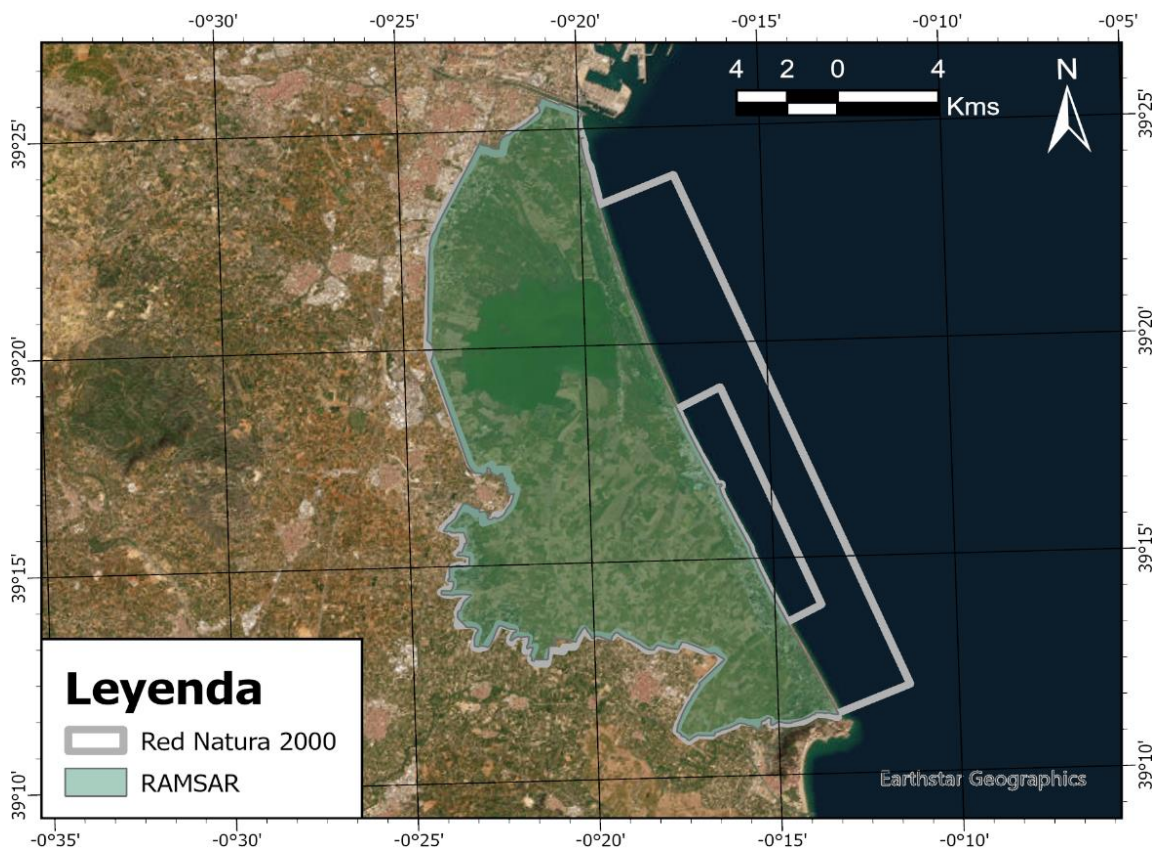


Ilustración 5. Parque Natural de la Albufera con protección RAMSAR y Red Natura 2000.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Inventario de fauna y flora

Además de las figuras de protección anteriormente citadas, el Parque Natural de la Albufera cuenta con espacios de especial interés ecológico ubicados dentro de su perímetro protegido, como es el caso de dos Microrreservas de Flora: la Muntanyola dels Sants y la Llacuna del Samaruc. Esta última fue declarada también Reserva de Fauna en el año 2004, con el objetivo de garantizar la conservación del samarugo (*Valencia hispanica*), un pez endémico y altamente amenazado que da nombre a la reserva.

Con el fin de poner en valor los elementos que justifican el alto grado de protección ambiental de la Albufera de Valencia y de su cuenca vertiente, así como de evidenciar su vulnerabilidad frente a los impactos de origen antrópico, se ha elaborado un inventario de flora y fauna que recoge algunas de las especies más representativas del área de estudio. Muchas de ellas destacan por su sensibilidad a la contaminación y su estrecha vinculación con el buen estado ecológico de los ecosistemas que conforman este territorio, desde el marjal hasta los tramos altos del barranco.

Tabla 1. Inventario de fauna registrada en la Rambla del Poyo.

Nombre científico	Nombre común	Grupo faunístico	Localización en la cuenca
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Netta rufina</i>	Pato colorado	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Anas clypeata</i>	Pato cuchara	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Aythya ferina</i>	Porrón común	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Fulica atra</i>	Focha común	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Podiceps cristatus</i>	Somormujo lavanco	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Podiceps nigricollis</i>	Zampullín cuellinegro	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela común	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Plegadis falcinellus</i>	Morito común	Aves acuáticas	Tramo bajo (marjal)
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	Mamíferos oportunistas	Tramo medio y alto
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata parda	Mamíferos oportunistas	Tramo medio y alto

<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo común	Mamíferos oportunistas	Tramo medio y alto
<i>Timon lepidus</i>	Lagarto ocelado	Reptiles	Tramo medio y alto
<i>Rhinechis scalaris</i>	Culebra de escalera	Reptiles	Tramo medio y alto
<i>Pelophylax perezi</i>	Rana común	Anfibios	Tramo medio y alto
<i>Carduelis carduelis</i>	Jilguero	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Serinus serinus</i>	Verdecillo	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Parus major</i>	Carbonero común	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Turdus merula</i>	Mirlo común	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Upupa epops</i>	Abubilla	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola europea	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Columba palumbus</i>	Paloma torcaz	Aves forestales y agrícolas	Tramo medio y alto
<i>Cercotrichas galactotes</i>	Alzacola rojizo	Aves de secano	Tramo alto (secano)
<i>Pica pica</i>	Urraca	Aves de secano	Tramo alto (secano)
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiz roja	Aves de secano	Tramo alto (secano)
<i>Apus apus</i>	Vencejo común	Aves de secano	Tramo alto (secano)
<i>Turdus philomelos</i>	Zorzal común	Aves de secano	Tramo alto (secano)

Fuente: Elaboración propia, a partir del Catalogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazada (2022).

La composición faunística de la cuenca de la Rambla del Poyo está condicionada por el gradiente ecológico que va desde el marjal de la Albufera hasta las zonas agrícolas y urbanizadas del interior. En los tramos altos y medios de la cuenca de la rambla, donde predominan zonas agrícolas, de secano y áreas urbanizadas, la fauna está compuesta principalmente por especies oportunistas como ratas y conejos, herpetofauna tolerante (lagartos, ranas, culebras) y aves asociadas a cultivos y masas arboladas. Esta comunidad refleja el alto grado de transformación del entorno y actúa como indicador del impacto antrópico.

A medida que el cauce desciende, la influencia agrícola disminuye y el paisaje se naturaliza progresivamente. En el tramo bajo, al entrar en el Parque Natural, la fauna cambia notablemente: se observa una ornitofauna acuática diversa, con especies propias de humedales como el ánade real o la cigüeñuela, coincidentes en ambos inventarios. Estas aves utilizan el marjal como área de cría, alimentación y refugio, lo que subraya la relevancia ecológica del ecosistema palustre

Tabla 2. Inventario de fauna en el Parque Natural de la Albufera

Nombre científico	Nombre común	Grupo faunístico	Estado de conservación
<i>Ardea purpurea</i>	Garza imperial	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Botaurus stellaris</i>	Avetoro común	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Aythya nyroca</i>	Porrón pardo	Aves acuáticas	Casi amenazado (NT)
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	Cerceta pardilla	Aves acuáticas	En peligro (EN)
<i>Oxyura leucocephala</i>	Malvasía cabeciblanca	Aves acuáticas	En peligro (EN), endémica
<i>Porphyrio porphyrio</i>	Calamón común	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela común	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Anas platyrhynchos</i>	Ánade real	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Tadorna tadorna</i>	Tarro blanco	Aves acuáticas	Preocupación menor (LC)
<i>Valencia hispanica</i>	Samaruc	Peces continentales	En peligro crítico (CR), endémico
<i>Aphanius iberus</i>	Fartet	Peces continentales	En peligro (EN), endémico
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago de herradura grande	Murciélagos	Casi amenazado (NT)
<i>Miniopterus schreibersii</i>	Murciélago de Schreiber	Murciélagos	Vulnerable (VU)
<i>Mauremys leprosa</i>	Galápago leproso	Reptiles acuáticos	Preocupación menor (LC)

Fuente: Inventario de la Red Natura 2000.

La fauna de la Albufera está formada por un conjunto de especies acuáticas y endémicas que representan un elevado valor ecológico y de conservación. Entre ellas destacan aves como la malvasía cabeciblanca y la cerceta pardilla, ambas catalogadas en peligro, que dependen directamente de la calidad del agua y de la integridad del hábitat palustre. A nivel de ictiofauna, se encuentran especies endémicas como el samaruc y el fartet, restringidas a entornos acuáticos costeros bien conservados. Además, el humedal alberga murciélagos protegidos, indicativos de buen estado ambiental, como el murciélago de herradura grande. La presencia de estas especies sensibles refleja la importancia del humedal y su vulnerabilidad frente a la degradación ambiental.

Flora:

La vegetación cumple una función esencial en la regulación hidrológica de las cuencas, actuando como un amortiguador natural frente a las inundaciones. La cobertura vegetal, especialmente la arbolada o densa, intercepta parte de la precipitación antes de que alcance el suelo, lo que reduce la velocidad del escurrimiento superficial y retrasa la llegada del agua a los cauces. Además, el sistema radicular mejora la infiltración, al aumentar la porosidad del suelo y favorecer el almacenamiento temporal del agua. Estos mecanismos contribuyen a disminuir el volumen y la intensidad de las crecidas.

Por otra parte, la vegetación estabiliza el terreno, protege contra la erosión y reduce el transporte de sedimentos hacia los cauces, evitando la obstrucción de drenajes naturales. Tal como demuestran Vargas-Luna et al. (2015), la vegetación puede modificar significativamente el comportamiento hidráulico durante eventos extremos, regulando el flujo y amortiguando los efectos de las avenidas.

Una forma eficaz de comprender el comportamiento y la adaptación de la flora es mediante el análisis de los pisos bioclimáticos y las series de vegetación asociadas. En el caso de la cuenca de la Rambla del Poyo, esta se sitúa en un entorno de clima mediterráneo semiárido, donde predominan dos pisos bioclimáticos: el termomediterráneo, presente en las zonas bajas y próximas al mar, y el mesomediterráneo, que aparece en áreas más elevadas del interior. Según la clasificación de vegetación potencial elaborada por Rivas-Martínez (2005), basada en series climatófilas, en esta cuenca se identifican tres series de vegetación basófila características de suelos calizos, que definen la cobertura vegetal potencial dominante en el territorio.

1. **Serie mesomediterránea basófila del carrascal (*Quercus rotundifolia*):** Es la serie climatófila del encinar sempervirente sobre suelos calizos, propia de ambientes mesomediterráneos algo menos secos (ombrotipo seco-subhúmedo). En la cuenca aparecería en sectores puntuales favorecidos (umbrías o mayores altitudes). El carrascal basófilo es el bosque clímax potencial, con la carrasca o encina como árbol dominante, acompañado por un sotobosque con lentisco, *Rhamnus alaternus*, *Rosmarinus*, etc. En la práctica, debido a la larga historia de uso del suelo, el carrascal maduro casi no existe en estado primigenio en la zona, sustituyéndolo etapas seriales de matorral y pinares secundarios de *Pinus halepensis*. No obstante, fitosociológicamente corresponde a la serie *Quercus rotundifolia* *Pistacia lentiscus*, facies termófila murciano-valenciana del encinar, indicador de las mejores condiciones dentro del régimen semiárido.

2. **Serie mesomediterránea semiárida de la coscoja (*Quercus coccifera*):** Característica de laderas interiores con clima ligeramente más fresco pero aún seco. Corresponde a un coscojar como etapa final, indicando que en condiciones edáficas básicas y clima semiárido, la coscoja actúa como especie dominante permanente. Es una serie basófila propia del mesomediterráneo seco, frecuente en la provincia valenciana, que aparece cuando las condiciones no permiten el desarrollo pleno del carrascal. La comunidad clímax es un matorral alto de *Quercus coccifera* con otras especies esclerófilas (palmito, enebros, aliagas), representando un bosque esclerófilo degradado por aridez.

3. **Serie termomediterránea semiárida del lentisco (*Pistacia lentiscus*):** Propia de las zonas más bajas, cálidas y próximas a la costa. Se trata de una maquia mediterránea esclerófila basófila, donde el lentisco es la especie climácica característica, acompañado por coscoja (*Quercus coccifera*), palmito (*Chamaerops humilis*), acebuche (*Olea europaea silvestre*) y otros arbustos. Representa la vegetación potencial en el piso termomediterráneo seco, formando un matorral denso siempreverde de baja altura en su estadio clímax (denominado sigmetum *Quercus cocciferae*–*Pistaceo lentisci*).

Para representar de forma precisa el estado de la vegetación en la cuenca, se ha elaborado un mapa que permite distinguir las zonas con vegetación sana de aquellas donde esta es escasa o se encuentra degradada. Para ello, se ha utilizado el **NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)**, uno de los índices de teledetección más empleados para estimar la cantidad, vigor y salud de la cobertura vegetal a partir de imágenes satelitales. Este índice se basa en el comportamiento espectral diferencial de la vegetación: las plantas sanas absorben fuertemente la luz roja (visible) para la fotosíntesis y reflejan intensamente el infrarrojo cercano (NIR), mientras que la vegetación poco densa o el suelo desnudo reflejan más en el espectro rojo y menos en el NIR. El NDVI utiliza precisamente estas dos bandas (roja e infrarrojo cercano) para generar un valor adimensional entre **-1 y 1**, calculado mediante la fórmula estándar:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Ecuación 1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

En este estudio, el NDVI se ha calculado a partir de imágenes satelitales del programa Copernicus (misión Sentinel-2), que ofrece datos en las bandas roja e infrarrojo cercano con una resolución espacial de 10 m, ideal para este tipo de análisis. Utilizando una imagen libre de nubosidad, se aplicó la fórmula del NDVI a cada píxel mediante un SIG, generando así un mapa ráster que representa el grado de verdor de la vegetación en la cuenca de la Rambla del Poyo.

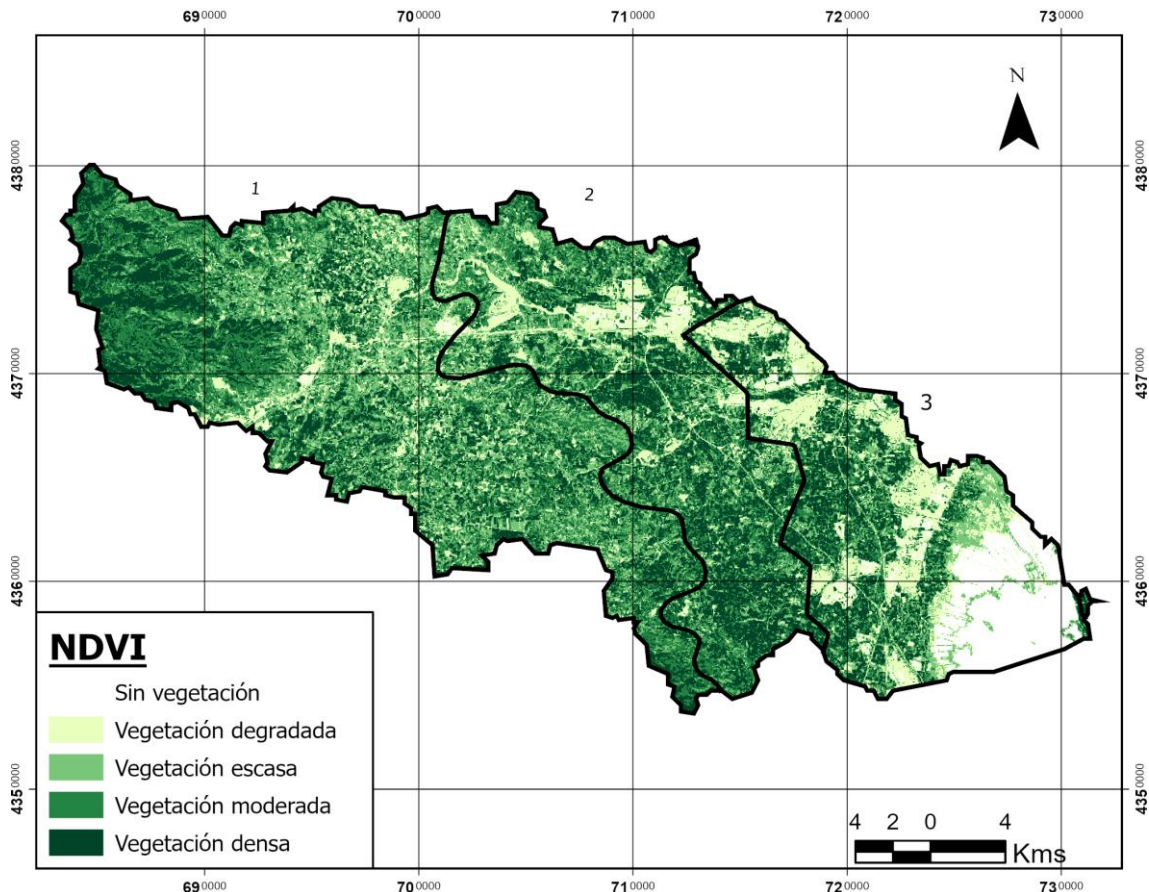


Ilustración 6. Mapa del NDVI del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

El mapa de NDVI permite identificar el estado de la vegetación en la cuenca: los valores altos se concentran en zonas con vegetación densa y bien conservada, como montes mediterráneos y riberas; los valores medios corresponden a matorrales o cultivos en crecimiento; y los bajos indican áreas con escasa vegetación, suelos desnudos o zonas urbanizadas, especialmente en la parte baja de la cuenca. Los valores negativos reflejan agua o humedad en el cauce.

Este patrón confirma el mayor verdor en las zonas medias y altas más naturales frente a la menor cobertura vegetal en las áreas llanas y antropizadas de la desembocadura. En el mapa, las zonas señaladas con los números 1, 2 y 3 corresponden a los distintos pisos bioclimáticos definidos por Rivas-Martínez, el termomediterráneo en las cotas bajas hasta el mesomediterráneo en las más elevadas.

3.3. Meteorología de la DANA y contexto climático

Según el informe elaborado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el origen del episodio meteorológico que culminó en las lluvias torrenciales del 29 de octubre de 2024 se remonta al día 24 de ese mismo mes, cuando se configuró una vaguada sobre el Atlántico Norte. Esta vaguada, de orientación norte-sur, estaba alimentada por dos potentes corrientes en chorro, una de entrada y otra de salida, que generaron una fuerte cizalladura en niveles altos de la atmósfera. En términos más sencillos, se trata de una zona donde el aire frío procedente del norte y el aire cálido del sur se encuentran y circulan en direcciones distintas, lo que provoca un efecto de rotación muy intenso. Este tipo de diferencia de temperatura y dirección del viento es lo que se conoce como cizalladura, y es la causante de las turbulencias que a menudo se perciben en los vuelos comerciales.

Durante esa misma madrugada, la vaguada comenzó a desequilibrarse. El chorro de salida, que tenía componente sur, fue perdiendo fuerza, mientras que el chorro de entrada desde el norte se intensificaba. Esto favoreció que el aire frío quedara aislado en altura y comenzara a descender en latitud. Normalmente, cuando el aire es más frío, la presión se alcanza a menor altitud; sin embargo, en este caso, debido al llamado forzamiento dinámico, las masas de aire fueron empujadas hacia capas más altas de la atmósfera, lo que potenció aún más la inestabilidad.

A partir del día 25, esta depresión en altura fue desplazándose hacia el sur, y para el día 27 ya se encontraba sobre la vertical de la península ibérica completamente aislada del flujo general. En meteorología, a este tipo de estructuras se las conoce técnicamente como DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos), caracterizadas por tener una circulación de vientos cerrada alrededor de un núcleo frío en altura.

Su desplazamiento posterior estuvo condicionado por la presencia de un anticiclón al norte, sobre el Atlántico, y una baja presión en la costa norte de Marruecos. Esta configuración forzó el traslado de la DANA hacia el este, posicionándose sobre la fachada mediterránea peninsular. Fue entonces cuando se produjo un fenómeno de convección atmosférica explosiva, es decir, el aire cálido y muy húmedo procedente del mar Mediterráneo fue rápidamente absorbido hacia las capas altas por la baja presión. En ese momento, los niveles de CAPE (Convective Available Potential Energy) eran extraordinariamente elevados lo que significa que existía una gran cantidad de energía disponible para que el aire ascendente desarrollara nubes de tormenta muy potentes, que además favorece la aparición de torres convectivas profundas y fenómenos como el salto hidráulico atmosférico, permitiendo que la tormenta permaneciese activa durante más tiempo (Homeyer et al., 2017).

Además, la humedad actuó como una inyección de energía térmica, pues la gran cantidad de vapor de agua ascendió y fue condensándose mientras liberaba calor latente, lo que amplificó aún más la inestabilidad. A partir de este momento, cuando el centro de bajas presiones estaba en superficie, pasó a considerarse como una borrasca fría aislada (BFA).

El resultado fue un episodio de lluvias extraordinario, con una precipitación acumulada desorbitada, especialmente en zonas del interior, donde se superaron ampliamente los 300 mm en apenas unas horas. En localidades situadas en la cuenca del barranco del Poyo, como Chiva o Turís, se registraron cifras sin precedentes. En el caso de Turís, donde existen registros continuos desde 1970, se alcanzaron los 771,8 mm en un solo día (dato civil), superando todos los registros históricos conocidos hasta la fecha. Los principales valores se recogen en la Tabla 3.

Es de especial importancia conocer estas condiciones meteorológicas porque explican el fenómeno paradójico que ocurrió el día de las inundaciones. Las precipitaciones más intensas se concentraron en zonas de cabecera de ríos y barrancos, en zonas montañosas, mientras que las peores consecuencias se produjeron más abajo, en municipios donde apenas llovió pero que recibieron de golpe el agua arrastrada por las violentas escorrentías y consecutivas riadas.

Tabla 3. Precipitaciones más destacadas del 29 de octubre de 2024

Nombre	Provincia	Max 1h	Max 6h	Max 12h	P24h
Turís	Valencia	184,6	620,6	720,4	771,8
Chiva-La Pailla	Valencia	--	--	--	615
Buñol	Valencia	--	--	--	447,4
Montserrat Casadalt	Valencia	--	--	--	294,6
Rafelguaraf Ayuntamiento	Valencia	--	--	--	283
Chelva El Calvario	Valencia	--	--	--	263
Embalse de Loriguilla	Valencia	--	--	--	246
Utiel, La Cubera	Valencia	43,4	148,2	217,2	243
Requena	Valencia	--	--	--	238,3
Chera	Valencia	--	--	--	230

Fuente: AEMET

Según la IPCC, las variaciones extremas en el ciclo del agua serán cada vez más frecuentes, especialmente en regiones mediterráneas como el sureste de la Península Ibérica. De hecho, se prevé con alta confianza que tanto la frecuencia como la intensidad de las precipitaciones extremas aumentarán con el calentamiento global, incluso a partir de un incremento de solo 1,5 °C (IPCC, 2021). La proyección se confirma a través de los análisis, que indican que las DANAs actuales son hasta un 15% más húmedas que en el pasado, en gran parte atribuido al cambio climático de origen antropológico (Faranda et al., 2024). El aumento de la temperatura del mar intensifica la evaporación y, por tanto, la concentración de vapor de agua disponible en la atmósfera, un aspecto clave cuya influencia en el episodio ya fue abordada anteriormente.

De esta manera, se puede resumir que los factores principales que provocaron esta DANA tan singular fueron: la presencia de aire frío en altura, el aire cálido y muy húmedo en superficie, la permanencia del sistema sobre la misma zona y la fuerte cizalladura vertical.

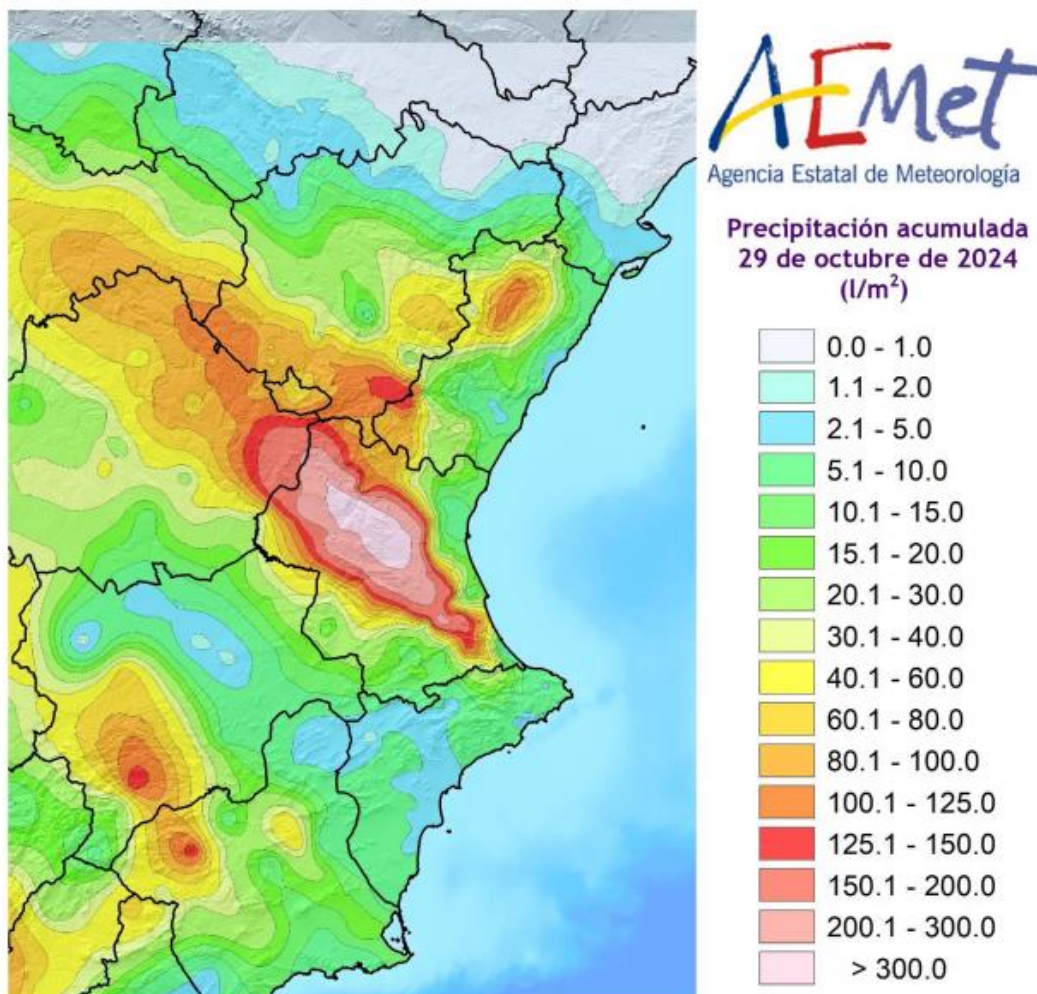


Ilustración 7. Mapa de precipitación acumulada del 29 de octubre de 2024. **Fuente:** AEMET.

Se ha de tener en cuenta que los términos explicados hasta ahora son estrictamente meteorológicos, ya que se refieren únicamente al episodio analizado. No obstante, a continuación se presentan los valores climatológicos más relevantes, con el fin de ofrecer una visión más global.

Los siguientes gráficos se han elaborado a partir de los datos de temperatura y precipitación obtenidos del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), una herramienta de observación en tiempo real gestionada por la CHJ. En particular, se han utilizado los registros procedentes de las estaciones de Chiva y Siete Aguas, por su capacidad para reflejar tanto las condiciones climáticas medias como los eventos extremos que afectan a la dinámica hidrológica de la zona. Por este motivo, para caracterizar el régimen climático del área de estudio, se ha optado por la representación mediante un **diagrama ombrotérmico tipo Gausson**, que combina las precipitaciones y temperaturas medias mensuales. Este tipo de representación es especialmente útil para identificar visualmente los períodos de sequía climática, definidos como aquellos en los que las precipitaciones son inferiores al doble de la temperatura media mensual ($P < 2T$).

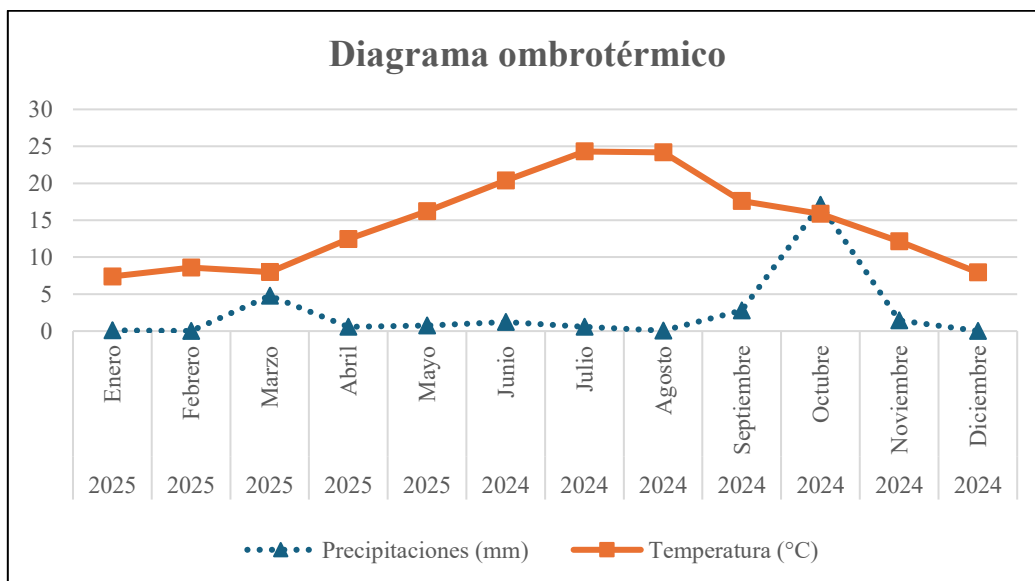


Ilustración 8. Diagrama ombrotérmico del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

El diagrama muestra un patrón climático claramente estacional, con una estación seca bien definida durante el verano. Sin embargo, en octubre de 2024 se registra una precipitación acumulada superior a 400 mm en un solo día debido a la DANA del 29 de octubre, mientras que la media del resto de días del mes apenas alcanza los 17,09 mm, lo que evidencia la excepcionalidad y concentración del evento. Este contraste evidencia el carácter extremo y localizado del episodio, así como su capacidad para generar procesos intensos de escorrentía y arrastre de contaminantes hacia la Albufera, aspectos clave para la evaluación del impacto ambiental y la planificación territorial en entornos vulnerables.

3.4. Usos del suelo

Las transformaciones en el uso y la cobertura del suelo ejercen una influencia directa sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas y, por tanto, sobre la dinámica de los contaminantes durante episodios de inundación. La creciente urbanización junto con la expansión de superficies impermeables favorece un aumento significativo de la escorrentía superficial. Al mismo tiempo, la pérdida progresiva de entornos naturales con función de amortiguación como humedales, zonas de cultivo tradicional o masas forestales reduce la capacidad del territorio para absorber y filtrar los flujos hídricos antes de que estos alcancen áreas sensibles como la Albufera de Valencia (Dadson et al., 2017).

Existen distintas fuentes y metodologías para realizar la representación cartográfica de los usos del suelo, cuya elección depende del nivel de detalle requerido y del alcance geográfico del análisis. Entre las más empleadas se encuentra el Corine Land Cover (CLC), desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente, que proporciona una visión general homogénea a escala continental, aunque con una resolución limitada de 25 hectáreas por unidad. A nivel estatal, el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE), coordinado por el Instituto Geográfico Nacional, mejora la resolución y combina fuentes diversas mediante técnicas de teledetección y trabajo de campo, permitiendo un análisis más detallado del territorio.

Sin embargo, para este trabajo se ha optado por utilizar una herramienta de carácter autonómico que ofrece una mayor precisión espacial y una mejor adecuación a las especificidades locales del ámbito de estudio: la Cartografía de Ocupación del Suelo de la Comunitat Valenciana (COScv). Esta base de datos, elaborada por el Instituto Cartográfico de Valencia, proporciona información a escala 1:5.000 y clasifica los usos del suelo en función de criterios más ajustados a la realidad territorial valenciana con alta resolución y actualización periódica, lo cual permite una caracterización más fina de los patrones de ocupación en el entorno de la Albufera.

El análisis de los contaminantes asociados a cada tipo de uso del suelo se desarrolla en detalle en el apartado correspondiente al **Inventario de contaminantes**, donde se establecen las correlaciones entre actividad antrópica y tipos de carga contaminante tras el episodio de inundación según los diferentes usos del suelo.

Diversos estudios han evidenciado que las transformaciones en el uso del suelo alteran de forma significativa el balance hídrico y la dinámica de las cuencas hidrográficas frente a episodios de precipitación intensa, incrementando la escorrentía superficial y modificando los patrones de almacenamiento y drenaje (Defra, 2004; Garg et al., 2017; Boongaling et al., 2018).

Cuando se sustituye vegetación natural por usos urbanos, agrícolas o industriales, disminuye la evapotranspiración y la capacidad de interceptación del dosel vegetal, lo que se traduce en un incremento significativo del rendimiento hídrico de la cuenca. Esto se manifiesta a través del aumento de la escorrentía superficial, el flujo subsuperficial (interflow) y el flujo base, intensificando la respuesta hidrológica frente a lluvias intensas.

Este tipo de transformaciones del paisaje y sus consecuencias han sido ampliamente modelizadas y verificadas en contextos de cuencas tropicales mediante modelos hidrológicos distribuidos, que permiten cuantificar con precisión cómo la reducción del suelo vegetado conlleva un aumento de los caudales de avenida, así como de la frecuencia e intensidad de las inundaciones (Siswanto y Francés, 2019). En concreto, se ha demostrado que una disminución progresiva de la cubierta forestal puede incrementar el rendimiento hídrico hasta en un 40 %, afectando directamente la magnitud de los episodios de escorrentía.

Además, la urbanización no solo introduce superficies impermeables que impiden la infiltración, sino que también modifica profundamente la red de drenaje natural, aumentando la velocidad del escurrimiento y favoreciendo el transporte rápido de agua y contaminantes. Este efecto se ve acentuado cuando el crecimiento urbano se produce de forma desordenada o sin infraestructura adecuada para la gestión del agua pluvial, como sucede en muchas periferias urbanas.

Desde el punto de vista sedimentológico, estos cambios en el uso del suelo favorecen la erosión del terreno, especialmente en áreas agrícolas intensivas o recientemente transformadas, donde el suelo carece de cobertura vegetal suficiente. La escorrentía intensa facilita la movilización de partículas y su transporte hacia los cauces y zonas húmedas, generando procesos de colmatación que comprometen la funcionalidad ecológica de ecosistemas como la Albufera.

Como ya se ha demostrado, una de las áreas más críticas en el análisis del uso del suelo es la correspondiente a la actividad agrícola, que representa el uso dominante tanto en los marjales de la Albufera como en la cuenca de la Rambla del Poyo. Este tipo de ocupación del territorio ha desplazado en gran medida la cubierta vegetal natural, y en muchos casos ha provocado la compactación del suelo debido al uso continuado de maquinaria pesada, lo que reduce la capacidad de infiltración y favorece la escorrentía superficial durante episodios de precipitación intensa.

No obstante, es importante matizar que los efectos del uso agrícola sobre las dinámicas hidrológicas no son homogéneos. Sistemas agrícolas bien gestionados, que incorporan prácticas de conservación del suelo como el uso de cubiertas vegetales, la rotación de cultivos o el mantenimiento de lindes vegetales, pueden contribuir a reducir significativamente la escorrentía y a mejorar la capacidad de retención hídrica del terreno.

A continuación, se presentan las zonas y proporciones correspondientes al uso agrícola del suelo en el área de estudio, como base para analizar su papel en el arrastre de contaminantes.

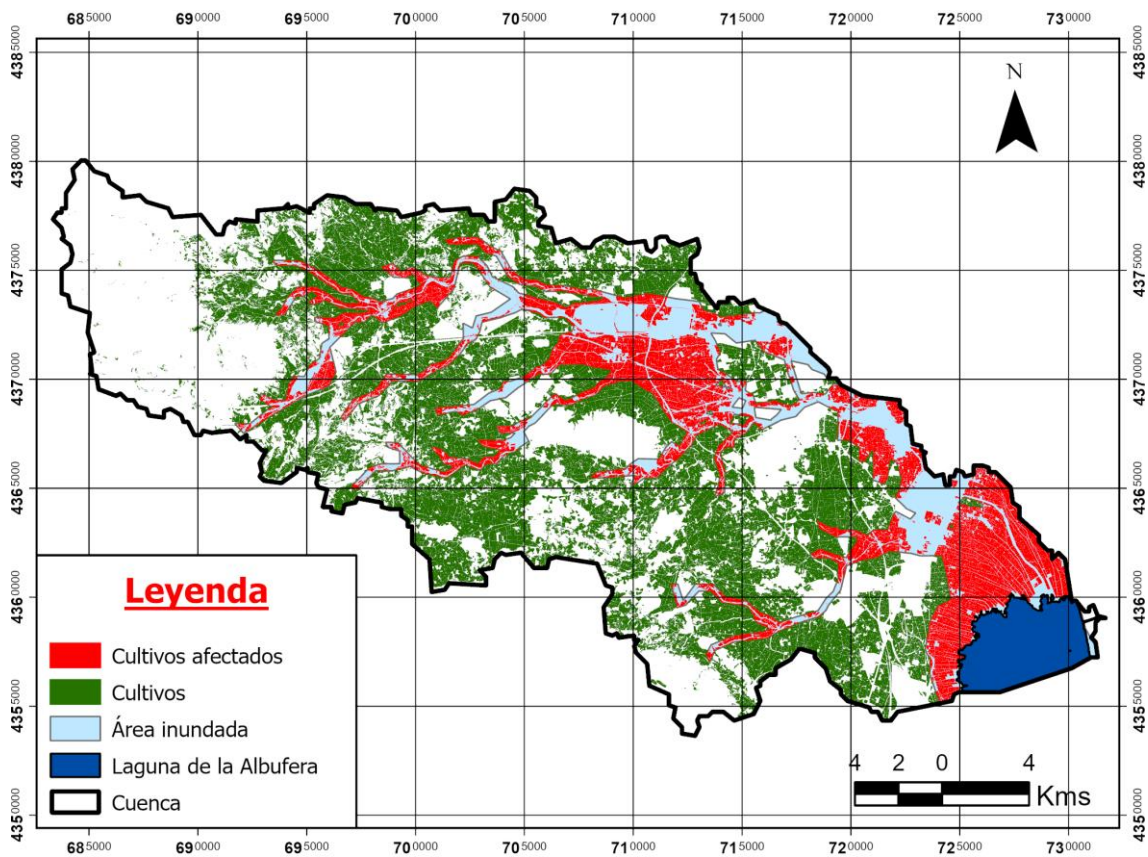


Ilustración 9. Mapa del uso agrícola del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el mapa de uso del suelo agrícola, una parte significativa de la cuenca se destina a actividades agrarias, abarcando una superficie total de 31.176,10 hectáreas. Esta actividad tradicional presenta una alta concentración en el sector norte del Parque Natural de la Albufera, donde predominan los cultivos de arroz, ubicados en las proximidades del humedal. Esta disposición territorial los convierte en una probable fuente principal de contaminantes de origen agrícola durante el episodio de inundación, día en que se estima que unas 10.047,80 hectáreas de terreno agrícola resultaron afectadas, lo que representa aproximadamente el 32,23 % de la superficie total cultivada, resultando en consecuencias devastadoras tanto para el ecosistema próximo a la laguna como para los agricultores.

En lo que respecta a las áreas industriales, aunque su superficie es comparativamente reducida dentro del conjunto del territorio, representan una fuente altamente peligrosa debido a la concentración y diversidad de contaminantes que albergan, muchos de ellos especialmente perjudiciales para ecosistemas frágiles como el de la Albufera. Esta situación se vuelve aún más crítica si se considera la presencia de una extensa franja de polígonos industriales orientada hacia el este, localizada en municipios como Beniparrell, Catarroja o Massanassa. En estos núcleos, la actividad industrial es muy predominante y constituye una de las principales fuentes económicas de la comarca pero también del arrastre contaminante registrado en la DANA.

La representación cartográfica utilizada para este análisis se ha obtenido a partir del SIOSE (Sistema de Información sobre la Ocupación del Suelo en España), en su categoría de áreas industriales según el Instituto Geográfico Nacional, en conjunto con el COScv del ICV.

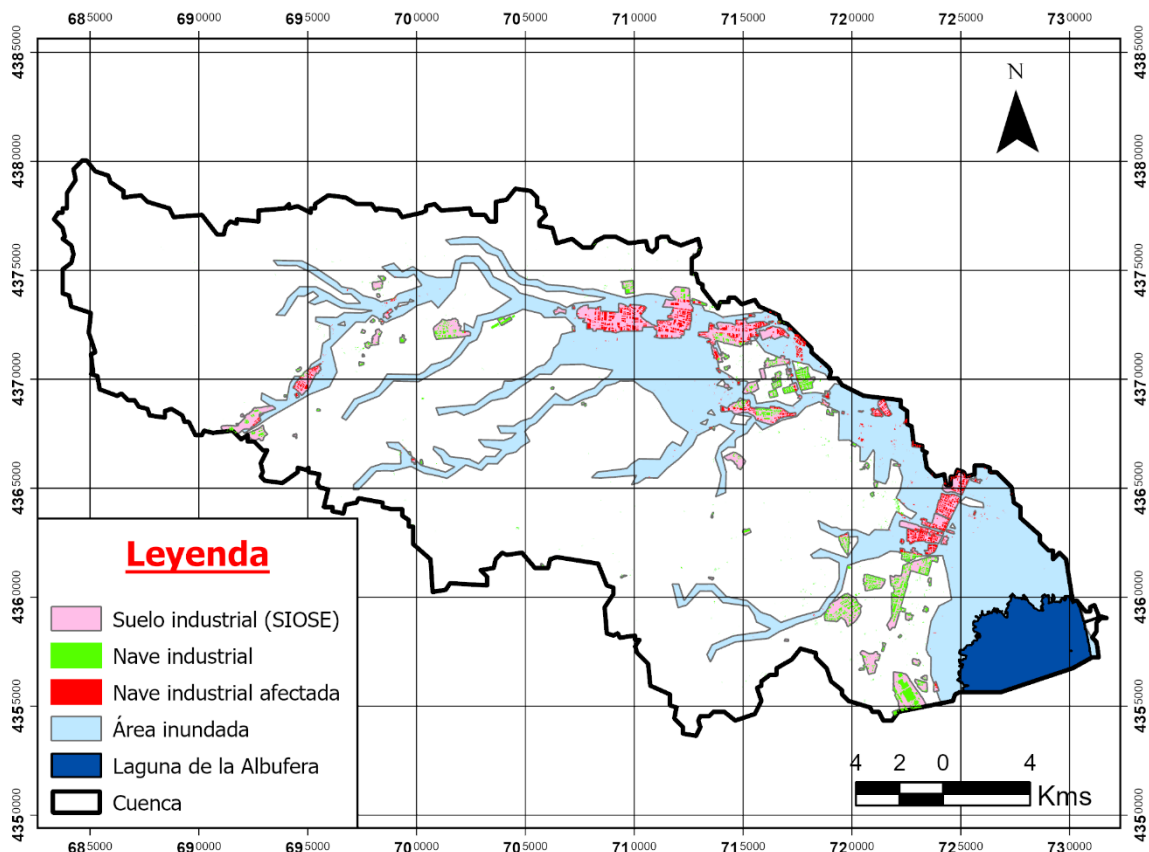


Ilustración 10. Mapa del uso industrial del suelo. Fuente: Elaboración propia.

En ella se aprecia con claridad cómo la franja oeste de la laguna presenta una alta densidad de suelos industriales, especialmente en las zonas que coincidieron con los mayores niveles de inundación. Esta superposición entre áreas industriales, que ocupan un total de 1.188,91 hectáreas, y las zonas inundables pone de manifiesto la magnitud del impacto, ya que alrededor de 655,77 hectáreas de suelo industrial se vieron afectadas ese día, lo que representa el 55,14 % del total.

Finalmente, una de las áreas más críticas y heterogéneas es el suelo urbano, que agrupa tanto zonas residenciales como infraestructuras viarias, áreas comerciales y espacios públicos. Este tipo de suelo concentra una elevada densidad de elementos vulnerables, no solo por su valor socioeconómico, sino también por la gran cantidad de contaminantes potenciales que pueden ser arrastrados durante eventos de inundación. Además, el suelo urbanizado representa uno de los principales factores de exposición en la evaluación del riesgo de inundación, siendo clave para la elaboración de cartografías de peligrosidad y vulnerabilidad.

Durante las inundaciones, varios núcleos urbanos de la cuenca del Poyo sufrieron un fuerte impacto, con zonas completamente anegadas y altos niveles de calado que afectaron a viviendas, equipamientos y servicios básicos. Aunque el COScv (Cobertura del Suelo de la Comunidad Valenciana) ofrece una alta resolución en la clasificación de usos urbanos y del entramado viario, para este análisis se ha optado por utilizar la información catastral procedente de la Sede Electrónica del Catastro, que permite identificar con mayor precisión las parcelas urbanas situadas dentro del ámbito de estudio. Esta simplificación facilita una representación más clara e impactante del grado de afectación sobre el entramado urbano durante el episodio de inundación.

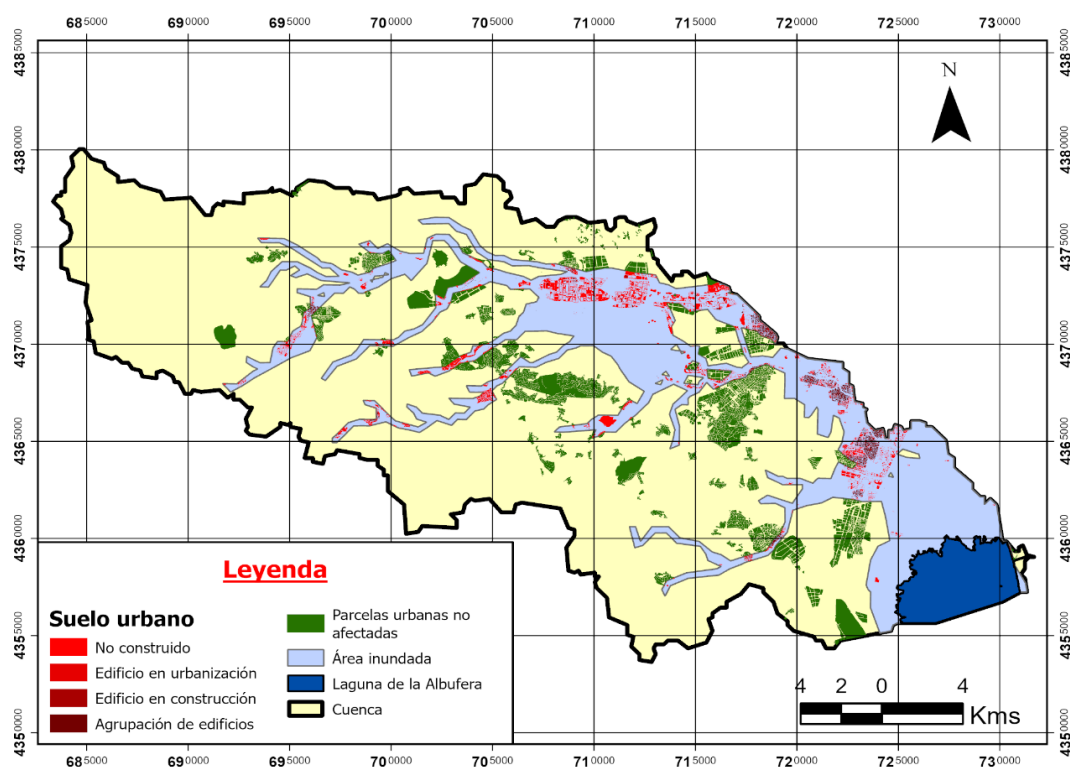


Ilustración 11. Mapa del uso urbano del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Tal como muestran los mapas, varios municipios quedaron completamente inundados. Entre los más afectados se encuentran **Alaquàs, Massanassa, Catarroja, Beniparrell, Paiporta, Picanya, Riba-roja de Turia, Torrent y Chiva.**

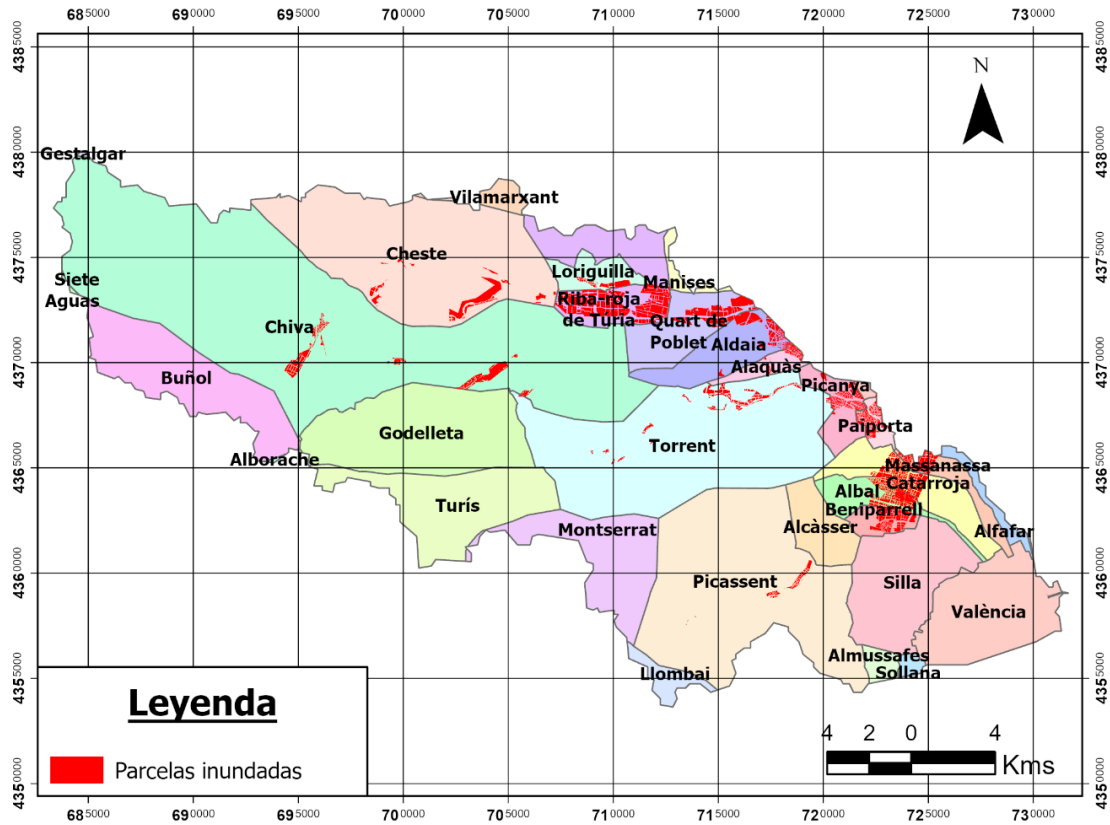


Ilustración 12. Mapa de parcelas del catastro afectadas por municipios. Fuente: Elaboración propia.

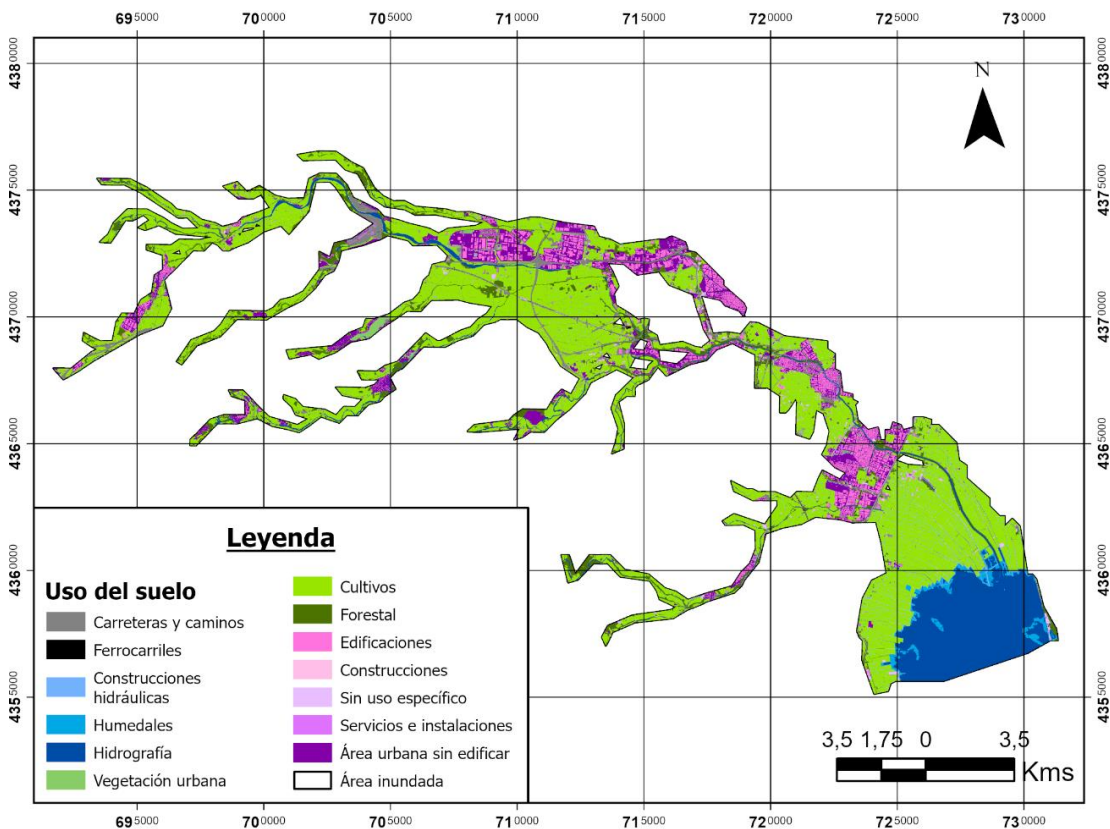


Ilustración 13. Mapa del uso del suelo en el área inundada. Fuente: Elaboración propia.

Analizando tanto el mapa como el gráfico de sectores, se puede concluir que la mayor parte de los contaminantes arrastrados hacia la Albufera durante tuvo su origen en el ámbito agrícola. Este uso del suelo representa un 43,9 % del área total inundada, lo que implica que casi la mitad del territorio afectado por las aguas correspondía a cultivos, reforzando la hipótesis de que la actividad agrícola fue la principal fuente difusa de contaminación durante el evento.

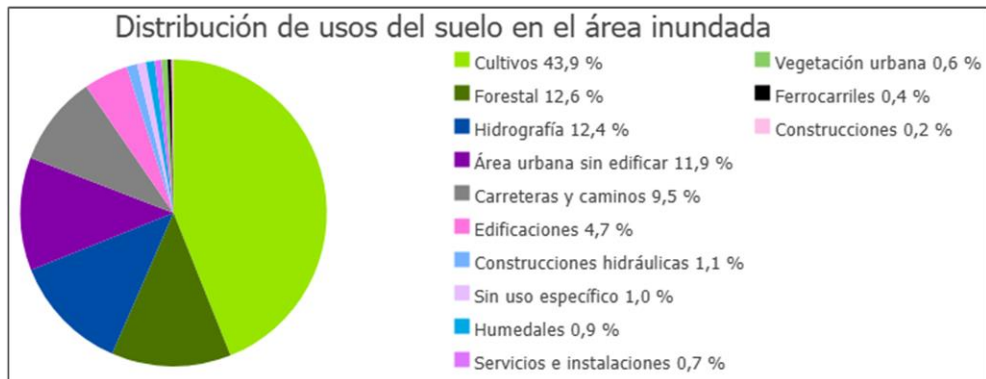


Ilustración 14. Gráfico circular de distribución del uso del suelo en el área inundada.

En segundo lugar, destaca el uso forestal, con un 12,6 %, lo que en parte explica la llegada masiva de materia vegetal natural al ecosistema como cañas, ramas, hojas y restos leñosos que fueron arrastrados por la escorrentía y la fuerza del agua. También cobra relevancia la categoría de hidrografía (12,4 %), que incluye cauces, barrancos y acequias, los cuales actuaron como canales de transporte de estos contaminantes hacia el humedal.

Un aspecto particularmente significativo es la presencia de un 11,9 % de suelo urbano sin edificar dentro del área inundada. Estos espacios, que incluyen solares vacíos, obras inacabadas, zonas abandonadas o parcelas pendientes de desarrollo, suelen estar expuestos a la acumulación de sedimentos, residuos de construcción y otros materiales que, al no estar estabilizados, fueron fácilmente removidos por las aguas y acabaron probablemente depositados en la Albufera.

Este escenario pone de relieve la importancia crítica de la planificación territorial, ya que la configuración del espacio urbano y periurbano depende en gran medida de las decisiones tomadas tanto a nivel municipal como autonómico. En el caso concreto de la comarca de l'Horta Sud, es habitual encontrar una integración poco diferenciada entre zonas industriales y áreas urbanas.

Además, se observa una ocupación intensiva del entorno de la Rambla del Poyo por edificación urbana, en muchos casos asentada en márgenes potencialmente inundables. Esta proximidad al cauce aumentó significativamente los impactos materiales y ambientales del episodio, y constituye un factor de riesgo clave que se analizará con mayor profundidad en el apartado dedicado a la planificación y ordenación del territorio.

Los distintos usos del suelo no presentan el mismo comportamiento ambiental frente a un episodio de inundación. Algunos funcionan como fuentes significativas de contaminantes, mientras que otros contribuyen a amortiguar sus efectos, gracias a su capacidad para retener agua o estabilizar el terreno. Por este motivo, se procede a clasificar y ponderar los usos del suelo en función de su potencial como fuente de contaminación en escenarios de escorrentía intensa, generando así la primera herramienta cartográfica esencial para la integración con otras variables territoriales.

El uso industrial recibe la ponderación más elevada, dado el riesgo asociado a la presencia de productos químicos, hidrocarburos, metales pesados u otros residuos potencialmente peligrosos. Le sigue la actividad agrícola, que, por su amplia implantación en el territorio, constituye la principal fuente de contaminación difusa derivada del uso de fertilizantes, fitosanitarios y la alteración física del suelo.

Las áreas urbanas, y en especial los espacios urbanos sin edificar, si bien con menor impacto directo, también presentan un riesgo relevante por la acumulación de materiales de obra, tierras contaminadas y residuos no controlados, que pueden ser movilizados por la escorrentía. Las construcciones hidráulicas, como las EDAR, se consideran puntos críticos debido a la posible liberación de aguas residuales sin tratar durante situaciones de colapso o desbordamiento.

Tabla 4. Ponderación de usos del suelo (elaboración propia)

Uso del suelo	% cobertura	Ponderación (1–10)
Servicios e instalaciones	0,7 %	10
Cultivos	43,9 %	9
Edificaciones	4,7 %	8
Carreteras y caminos	9,5 %	7
Construcciones	0,2 %	6
Área urbana sin edificar	11,9 %	5
Construcciones hidráulicas	1,1 %	4
Vegetación urbana	0,6 %	3
Hidrografía	12,4 %	2
Forestal	12,6 %	1

En contraste, los espacios de uso forestal han sido ponderados con el valor más bajo, ya que su vegetación contribuye a reducir la escorrentía superficial, disminuir la erosión y frenar el arrastre de partículas contaminantes. Este efecto de contención ha sido comprobado mediante el análisis del NDVI, que confirma la funcionalidad ecológica de estas coberturas en la protección hidrológica del territorio.

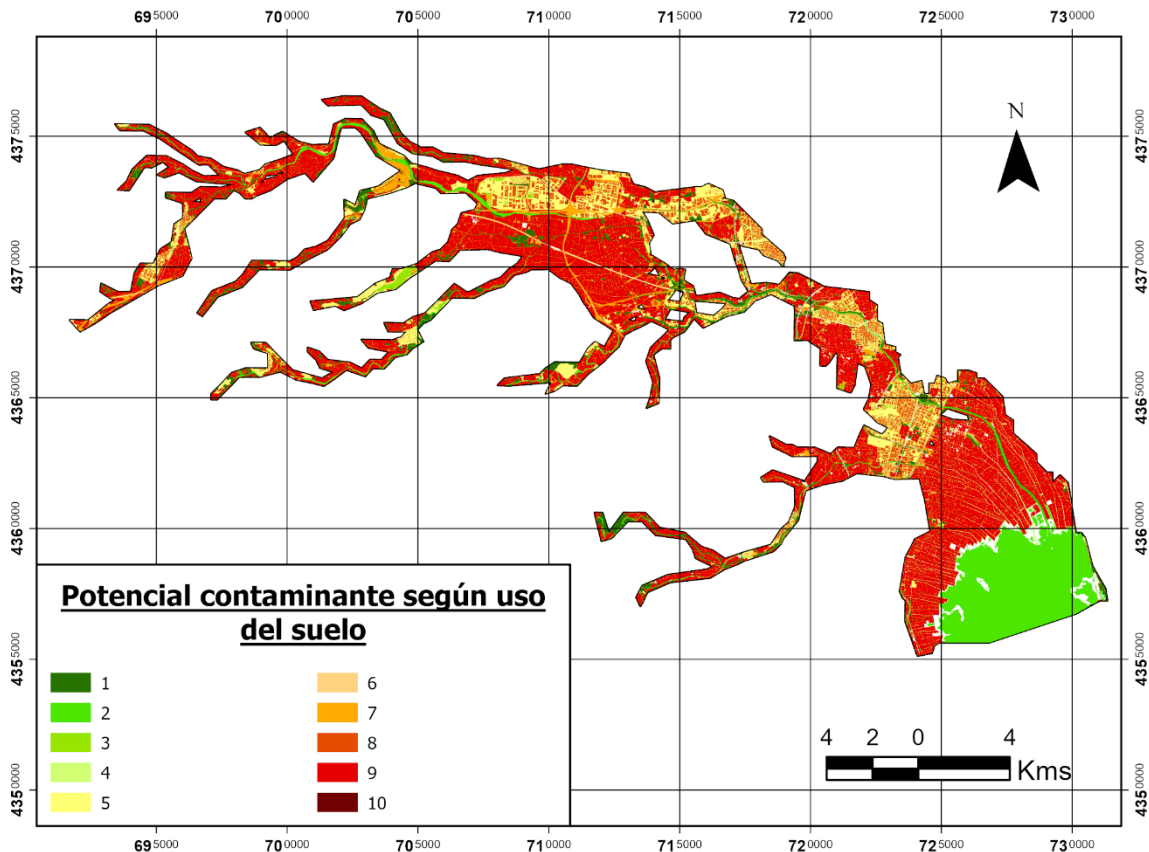


Ilustración 15. Mapa del potencial contaminante del suelo según su uso. Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del uso del suelo según su potencial contaminante ha permitido establecer una primera visión espacial de las presiones territoriales frente a episodios de inundación. El mapa resultante evidencia cómo los valores más elevados se concentran en amplias zonas del territorio, especialmente en aquellas dominadas por la actividad agrícola, que ocupa gran parte de la cuenca y constituye la principal fuente de contaminación difusa. Esta prevalencia se refleja en la extensa presencia de tonalidades rojas, indicativas de alto potencial contaminante.

A escala más localizada, se identifican también focos relevantes en núcleos urbanos, donde la presencia de suelos sin edificar y la acumulación de materiales diversos incrementan el riesgo en caso de escorrentía. Por el contrario, los valores más bajos del índice se corresponden con las masas forestales y los cauces principales, como la Rambla del Poyo o el barranco del Picasent, representados en tonos verdes, cuya vegetación y características edáficas contribuyen a mitigar el arrastre de contaminantes.

Este análisis pone de manifiesto la distribución territorial del potencial de afección, y constituye una base clave para comprender cómo se relacionan los usos del suelo con el comportamiento ambiental del territorio ante eventos extremos. A partir de esta base, el siguiente apartado abordará de forma más específica los **impactos ambientales**.

Impactos ambientales

Las consecuencias de la DANA de 2024 sobre el ecosistema de la Albufera de Valencia han sido especialmente intensas desde el punto de vista ecológico, debido a la entrada masiva de agua de escorrentía superficial procedente de áreas urbanas, agrícolas e industriales del entorno. Este flujo, caracterizado por su alta carga contaminante, ha provocado alteraciones significativas en la calidad del agua, la estructura del sedimento y la dinámica ecológica del humedal.

4.1. Efectos de las inundaciones en el transporte de contaminantes

A pesar de las catastróficas consecuencias de las inundaciones en la vida humana, desde el punto de vista geomorfológico estas no se consideran anomalías, sino más bien procesos naturales clave en la evolución del relieve fluvial. Transportan, depositan y reorganizan sedimentos construyendo formas como las **llanuras aluviales**, que no son más que depósitos donde el río deja arena, limo, arcilla y materia orgánica durante las crecidas (Lewin, 1978). Estas acumulaciones de materiales en las llanuras son a menudo beneficiosas, ya que aportan una gran fertilidad a los suelos, como es el caso de los marjales: zonas húmedas de origen fluvial que poseen una alta capacidad para los cultivos. Esto explica la intensa actividad agrícola que se desarrolla en el marjal de la Albufera, uno de los más extensos de la península ibérica, y que al mismo tiempo constituye uno de los principales focos de contaminación debido al uso generalizado de pesticidas (Soriano et al., 2024).

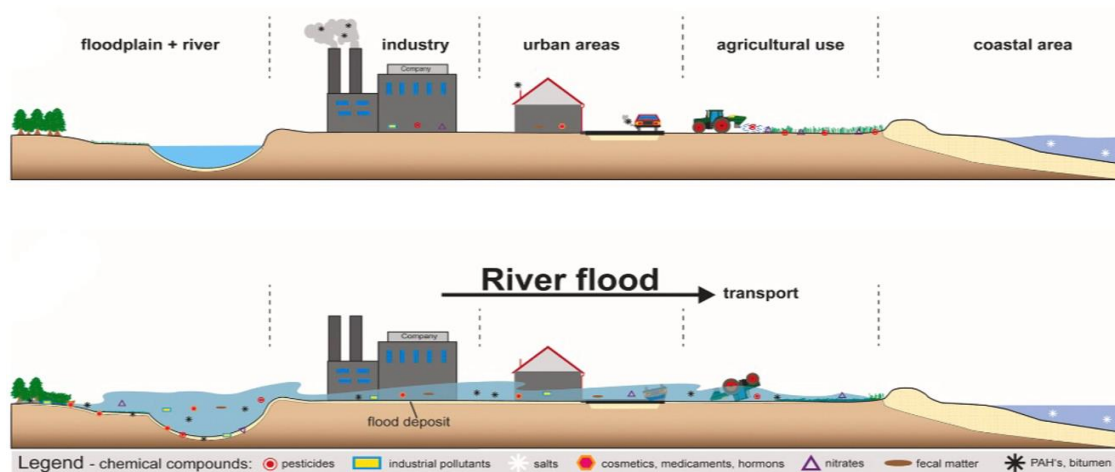


Ilustración 16. Redistribución de contaminantes durante una inundación fluvial. Fuente: Crawford et al. (2021).

La **contaminación difusa** se define como el resultado de emisiones cuyo origen exacto no puede identificarse y representa un factor determinante en el deterioro de los ecosistemas acuático (La Nauze y Mezzetti, 2019). Dentro de este tipo de contaminación, la actividad agrícola ha sido señalada como una de las principales fuentes, provocando impactos significativos como la presencia de nitrógeno y sedimentos en cuerpos de agua.

Para comprender los efectos de las inundaciones en el transporte de contaminantes, es necesario primero introducir el concepto de **migración**, según Luckner y Schestakow se refiere a “el conjunto de procesos de transporte, almacenamiento, intercambio y transformación que por causas físicas, químicas y biológicas afectan a los solutos tanto en la zona del suelo como en la de las aguas subterráneas”. En el medio subterráneo, cobra especial relevancia el concepto de **pluma de contaminación**, que hace referencia a la forma geométrica que adopta un contaminante al desplazarse dentro de una zona saturada (Luckner & Schestakow, 1991).

El transporte superficial es extremadamente dependiente del movimiento del agua y su distribución espacio-temporal, comportamiento que está directamente condicionado por la estructura del suelo, su porosidad, textura y otras propiedades edáficas analizadas en profundidad en este estudio. La escorrentía, entendida como el agua que no se infiltra y fluye superficialmente, es el resultado de este conjunto de variables. Para cuantificar esta respuesta del terreno frente a la lluvia, se utiliza el coeficiente de escorrentía, un parámetro clave que expresa la proporción del agua precipitada que acaba generando escorrentía, y cuya magnitud varía en función del uso del suelo, la compactación, la pendiente y el tipo de cobertura vegetal. Existen diferentes métodos para su cálculo a través de tablas, como la de Molchanov, Prevert y Raws.

Actualmente, el CSIC ha desarrollado un modelo de alta complejidad para analizar la dinámica hidrológica del evento. Para calcular la infiltración, se utilizó el método de Green-Ampt, estimando que aproximadamente el 30 % de la lluvia total del día logró infiltrarse en el suelo. Esta cifra se ve reducida por el hecho de que el suelo ya presentaba un alto grado de saturación debido a las precipitaciones ocurridas el día anterior (Conexión Geociencias-CSIC et al., 2025).

Para estudiar el comportamiento de la escorrentía superficial, se resolvió la ecuación de onda difusiva mediante el método de volúmenes finitos, utilizando una malla espacial con resolución de 50 metros. Esto permitió simular el movimiento del agua sobre el terreno y estimar la generación y transporte de sedimentos dentro de la cuenca.

La principal consecuencia de estas altas concentraciones de nutrientes y de la pérdida de la cobertura vegetal del suelo que sustenta y sujeta el suelo, es el aumento de los arrastres, los sólidos en suspensión, la materia orgánica y la turbidez en las aguas que llegan a los cauces y que son susceptibles de ser captadas en tomas para el consumo humano. Los cambios que se producen en las trayectorias de flujo, por alteración de la morfología del suelo y el aumento de la materia orgánica también pueden afectar negativamente a la calidad del agua de los ríos, además de aumentar las medidas necesarias y los costes de adaptación de tratamiento de las aguas para mantener los mismos niveles de calidad que poseían anteriormente (Cheng et al., 2021).

En el modelo 3D mostrado a continuación, elaborado a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la zona de la Rambla del Poyo, se aprecia con claridad la llanura aluvial descrita previamente. Esta extensión, representada en tonos azul claro, corresponde a las áreas donde las inundaciones tuvieron un mayor impacto. La escasa pendiente del terreno en esta zona favorece el estancamiento del agua, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a episodios como la DANA. Estas áreas más sensibles coinciden con varios municipios del entorno, entre los que destacan: Chiva, Paiporta, Catarroja, Picanya y más.

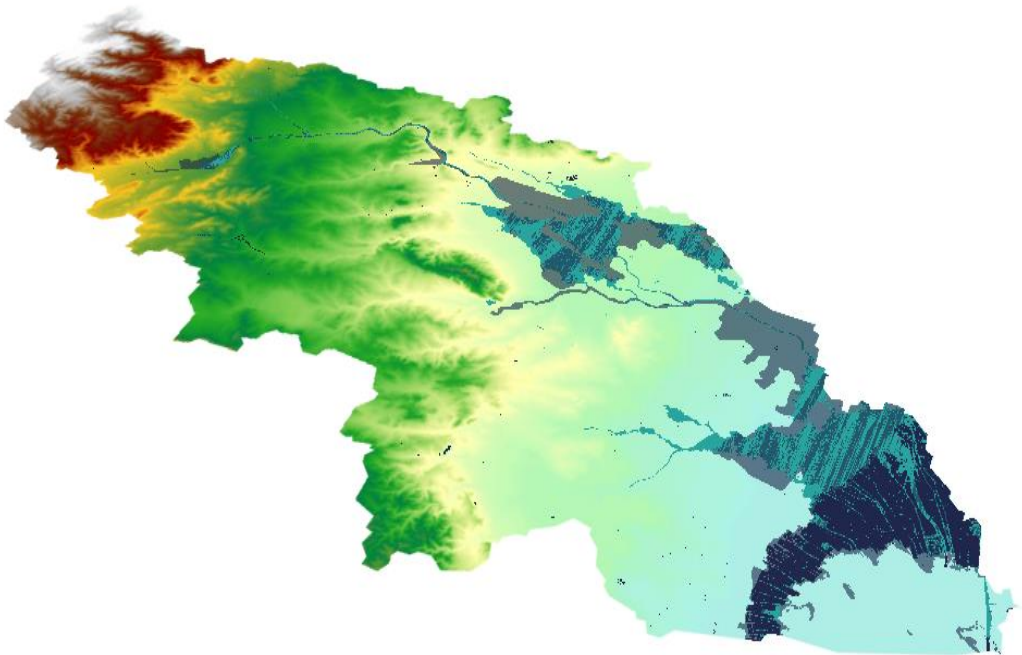


Ilustración 17. Modelo 3D de la cuenca. Fuente: Elaboración propia.

El modelo hidrológico distribuido TETIS, aplicado sobre esta rambla y calibrado con el evento de octubre de 2000, permitió reproducir picos de caudal cercanos a los 500 m³/s, demostrando la capacidad de esta cuenca para movilizar grandes volúmenes de agua en cortos intervalos de tiempo (Múnera & Francés, 2009). En concreto, la estación de aforo del SAIH registró el 29 de octubre un caudal máximo de alrededor de 2000 m³/s momento a partir del cual se interrumpió la transmisión de datos, probablemente debido al desbordamiento del cauce. Este comportamiento hidrológico evidencia que este tipo de cuencas actuaron como vías de transporte rápido de contaminantes, contribuyendo al deterioro de la calidad del agua en el entorno de la Albufera.

Otro aspecto muy característico de esta inundación fue la presencia significativa de lodos o sedimentos, los cuales consisten principalmente en materia particulada en suspensión (SPM). Este tipo de partículas actúan como vehículos eficientes de contaminantes, al facilitar su adhesión a la superficie sólida. Su entrada en el sistema fluvial suele producirse como consecuencia de procesos de erosión en superficies terrestres, siendo posteriormente transportados por la corriente hasta zonas de deposición como riberas, fondos de cauces o humedales. Diversos estudios han demostrado que décadas de acumulación de sedimentos pueden conferir a estos medios una verdadera “memoria de contaminación”, reflejando los distintos usos históricos del suelo.

En muchos casos, estos sedimentos almacenan concentraciones elevadas de sustancias nocivas, que pueden ser liberadas de forma masiva durante eventos de gran magnitud como una inundación (Buchty-Lemke et al., 2019; Esser et al., 2020). Por tanto, la resuspensión y redistribución de sedimentos constituye uno de los principales mecanismos mediante los cuales las inundaciones contribuyen a la propagación de contaminantes en el medio.

Por otro lado, el día de las inundaciones del 29 de octubre de 2024, las fuentes de contaminación no fueron únicamente difusas, sino también puntuales, procedentes de infraestructuras específicas como estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), redes de saneamiento o sistemas fluviales urbanos que se vieron sobrepasados por el volumen de agua. Este tipo de fallo múltiple, conocido como **contaminación cruzada**, se produce cuando las aguas residuales sin tratar se mezclan con el flujo pluvial debido al colapso o insuficiencia de los sistemas de drenaje y depuración. En contextos urbanos con infraestructuras obsoletas, como ocurre en ciertas áreas del entorno de la Albufera, este fenómeno puede liberar directamente al medio sustancias altamente contaminantes, entre ellas materia orgánica, nutrientes, patógenos y compuestos tóxicos, agravando considerablemente el impacto ecológico de las inundaciones.

En definitiva, el transporte de contaminantes no depende únicamente de factores hidrológicos, edáficos o biológicos, sino también de las propias características fisicoquímicas de cada compuesto. Su comportamiento varía según estén disueltos en el agua, asociados a partículas sólidas o formando parte de agregados complejos. Por ello, es fundamental abandonar la visión simplificada de los contaminantes como un conjunto homogéneo. Al contrario, se trata de un grupo altamente diverso cuya clasificación y naturaleza se analizan con mayor detalle en el siguiente apartado: **Inventario de contaminantes**.

4.2. Inventario de contaminantes

Como ya fue introducido anteriormente, el episodio de DANA provocó una movilización masiva de materiales hacia el entorno de la Albufera de Valencia, siendo especialmente significativa la acumulación de residuos en la desembocadura del Barranco del Poyo. Las intensas precipitaciones generaron una escorrentía descontrolada que arrastró una gran variedad de residuos procedentes de áreas urbanas, agrícolas, industriales y naturales, los cuales terminaron depositándose en el ecosistema lagunar, generando importantes impactos ambientales y logísticos.

En respuesta a esta situación, la Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio implementó un sistema de gestión de emergencia mediante la división del territorio afectado en tres sectores operativos. En el área correspondiente al presente estudio, la retirada y tratamiento de los residuos fue encomendada a una empresa privada, que ha informado de la gestión de más de 200.000 toneladas de residuos, estimándose una acumulación total superior al millón de toneladas en el conjunto del territorio afectado.

Para abordar con precisión esta problemática, resulta esencial diferenciar entre los conceptos de residuo y contaminante. Mientras que los residuos constituyen materiales físicos sólidos que, si bien representan una presión ambiental, pueden ser clasificados, almacenados e incluso valorizados, los contaminantes hacen referencia a sustancias químicas o biológicas que, una vez liberadas al medio, alteran su equilibrio ecológico y representan un riesgo tanto para la biodiversidad como para la salud pública. La gestión de estos últimos exige intervenciones específicas orientadas a su detección, neutralización o eliminación.

Dado el enfoque de este trabajo, que vincula el impacto ambiental con los modelos de ordenación del territorio, se adopta una clasificación funcional de los contaminantes basada en su origen. Esta perspectiva permite establecer una relación directa entre los tipos de contaminantes encontrados y los usos del suelo predominantes en las zonas de procedencia, lo que facilita una lectura territorial del fenómeno. Así, los entornos agrícolas, urbanos o industriales generan residuos de diferente naturaleza, cuya presencia en el ecosistema afectado refleja no solo las dinámicas de ocupación del suelo, sino también las carencias estructurales del sistema de gestión territorial.

A partir de los residuos identificados en la zona de estudio, se ha elaborado una clasificación sistemática que los organiza según su origen probable en **5 áreas diferentes: agrícola, residencial, industrial, medio natural y áreas de uso mixto**. Esta categorización constituye la base del presente inventario, el cual permite caracterizar de forma clara y ordenada los vectores de contaminación presentes en la Albufera tras el evento de inundación.

Usos del suelo mixtos

Existen ciertos contaminantes cuya presencia en el medio no puede atribuirse exclusivamente a un único tipo de uso del suelo. En estos casos, su origen responde a la intersección funcional de distintos usos territoriales, como el agrícola, urbano e industrial. Esta categoría recoge compuestos que emergen en contextos donde se superponen actividades diversas, lo que dificulta su asignación a un único vector territorial de contaminación.

Entre ellos destacan los contaminantes derivados de materiales plásticos, cuyo uso generalizado en múltiples sectores explica su notable presencia en el ecosistema de la Albufera tras el episodio de DANA. Los plásticos, empleados tanto en la agricultura (por ejemplo, en acolchados y envases de fitosanitarios) como en la industria (embalajes, componentes) y el ámbito doméstico (envases ligeros, productos de consumo), ofrecen múltiples rutas de entrada al sistema hídrico, especialmente en situaciones de escorrentía superficial intensa. Esta condición multiplica su dispersión y los hace especialmente relevantes en zonas con usos del suelo superpuestos.

El contaminante más significativo derivado de estos materiales son los microplásticos, es decir, fragmentos de tamaño microscópico que pueden generarse por degradación física o ser liberados directamente desde productos manufacturados. Estudios recientes han evidenciado que estas partículas actúan como vectores de contaminantes orgánicos lipofílicos, incluyendo compuestos similares a las dioxinas (DLCs), que, aunque no son dioxinas en sentido estricto, provocan efectos tóxicos equiparables (Chen et al., 2019b). Se ha documentado que los DLCs inducen alteraciones neurológicas, inmunológicas y hepáticas, además de toxicidad reproductiva y potencial carcinogénico tanto en organismos acuáticos como en humanos (U.S. EPA, 2006)

Tanto los DLCs como otros compuestos asociados a los plásticos forman parte de los denominados Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), caracterizados por su elevada estabilidad química, su resistencia a los procesos naturales de degradación, y su capacidad para acumularse en los tejidos vivos y amplificarse a lo largo de la cadena trófica. Su presencia en ecosistemas acuáticos como la Albufera constituye una amenaza crónica, difícilmente reversible, que exige medidas de gestión ambiental transversales.

Área agrícola

El uso agrícola del suelo en el entorno de la Albufera representa una fuente relevante de contaminación difusa, especialmente en lo que respecta a la aplicación de productos químicos de síntesis como pesticidas y fertilizantes. La intensificación del modelo agrario en la cuenca ha favorecido la utilización masiva de estos insumos, cuyos efectos ambientales se han documentado extensamente en la literatura científica. No obstante, el evento de DANA de octubre de 2024 generó un arrastre excepcional de contaminantes agrícolas hacia el sistema lagunar, intensificando su concentración en el agua y sedimentos.

En lo que respecta a los pesticidas, su función principal es el control de organismos nocivos, como insectos, hongos o bacterias, en los cultivos. Sin embargo, muchos de estos productos contienen Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), entre ellos pesticidas organoclorados, conocidos por su persistencia ambiental, su capacidad de bioacumulación y sus efectos tóxicos sobre la fauna terrestre y acuática. Aunque se trata de una problemática preexistente, derivada de décadas de uso intensivo (Martínez-Megías et al., 2023), la escorrentía agrícola generada durante la DANA provocó una movilización anómala de estos compuestos hacia la Albufera, amplificando su impacto sobre el equilibrio ecológico del humedal.

A estos se suma el aporte de fertilizantes, a pesar de que el uso intensivo de fertilizantes se argumenta habitualmente como una medida necesaria para aumentar el rendimiento agrícola, diversos estudios han demostrado que este enfoque puede resultar contraproducente. En numerosos casos, lejos de mejorar la productividad, el uso excesivo provoca un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Este impacto se manifiesta principalmente en la pérdida de la capa superficial rica en materia orgánica, esencial para el equilibrio biológico y la fertilidad edáfica. Como resultado, se produce una disminución en la capacidad productiva de los cultivos, lo que refuerza la necesidad de adoptar prácticas agronómicas más sostenibles (García-Ruiz et al., 2015). Desde el punto de vista hidrológico, su efecto más directo es el aporte excesivo de nutrientes como nitratos y fosfatos, que son fácilmente solubilizados y transportados por el agua de lluvia.

Este fenómeno es particularmente grave en humedales como la Albufera, donde la acumulación de nutrientes genera procesos de eutrofización. Estudios recientes han demostrado que tras el episodio de DANA, los niveles de nitrato en el lago se multiplicaron por cuatro, un cambio atribuible al arrastre desde los campos agrícolas circundantes (Soria, Muñoz, Campillo-Tamarit & Molner, 2025).

Área industrial

En el caso del área industrial, esta dinámica se tradujo en el arrastre de sustancias altamente tóxicas hacia el sistema lagunar, destacando especialmente los **metales pesados** procedentes de zonas con fuerte implantación industrial, como los polígonos de Picassent, Alcàsser y Silla, situados en el corredor oeste de la Albufera.

Uno de los vectores más significativos de contaminación en este ámbito ha sido el transporte de contaminantes desde residuos voluminosos de origen industrial, como maquinaria, componentes electrónicos, aparatos eléctricos deteriorados o materiales metálicos abandonados. Aunque su gran tamaño podría sugerir una gestión más sencilla, estos residuos albergan en su interior compuestos con una elevada carga contaminante, especialmente plomo, cobre, níquel y cromo, ampliamente utilizados en procesos de galvanizado, soldadura, circuitos eléctricos, pinturas industriales y aleaciones metálicas.

La toxicidad de estos elementos ha sido ampliamente documentada en la literatura científica, con efectos graves sobre la salud humana y la fauna silvestre, incluyendo intoxicaciones agudas, efectos teratogénicos, alteraciones neurológicas y carcinogenicidad (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz & Muñoz-García, 2016). En ecosistemas acuáticos cerrados como la Albufera, su acumulación en sedimentos y su lenta dispersión aumentan significativamente el riesgo ecológico.

Ante esta situación, la Generalitat Valenciana promovió una campaña de muestreo y análisis de metales pesados en los lodos del lago entre el 2 y el 13 de diciembre de 2024. Los resultados fueron contrastados con los límites más estrictos establecidos en el Real Decreto 1051/2022, que regula la nutrición sostenible de suelos agrarios. Los datos revelaron que cuatro de los siete metales analizados (cobre, níquel, plomo y cromo) superaban los umbrales legales para suelos con pH superior a 7, destacando especialmente el cromo, con una concentración máxima de 214 mg/kg de materia seca, frente al límite normativo de 60 mg/kg.

La mayor concentración de este elemento se localizó en los sectores occidentales del lago, directamente influenciados por escorrentías procedentes de zonas industriales. Este patrón espacial, alineado con el uso del suelo y la topografía del drenaje, refuerza la hipótesis de que los polígonos industriales del entorno, en particular el de Picassent, son una fuente directa del cromo detectado en el ecosistema lagunar. La combinación de suelos contaminados, plataformas impermeables, falta de sistemas de retención y la intensidad del evento pluviométrico facilitaron la liberación y el transporte de estos contaminantes hacia el cuerpo receptor.

(Generalitat Valenciana, 2025).

Área residencial

Las zonas urbanas y periurbanas del entorno de la Albufera, que incluyen municipios como Torrent, Alaquàs, Catarroja, Paiporta y Benetússer, han desempeñado un papel relevante en la entrada de contaminantes al sistema lagunar durante el episodio de la DANA de octubre de 2024.

Uno de los grupos más significativos de contaminantes urbanos proviene de la movilización de residuos domésticos voluminosos, como muebles, electrodomésticos, bombonas de butano o materiales de construcción. Aunque estos elementos son gestionables en condiciones normales, su abandono en espacios urbanos o su dispersión durante fenómenos extremos los convierte en fuentes indirectas de contaminación química. En particular, los electrodomésticos antiguos y aparatos eléctricos pueden liberar sustancias peligrosas como aceites dieléctricos, retardantes de llama, metales como plomo, cadmio o mercurio, y otros compuestos potencialmente tóxicos.

Además, la sobrecarga de las redes de saneamiento provocada por las lluvias intensas dio lugar a la liberación de aguas residuales sin tratar, con un importante contenido de materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos. Entre los contaminantes identificados destacan las bacterias fecales como *Escherichia coli* y enterococos, indicadores clásicos de contaminación de origen humano, cuya presencia compromete la calidad sanitaria del agua y plantea riesgos tanto para la biodiversidad como para los usos recreativos o agrícolas del humedal.

Por otro lado, la escorrentía urbana arrastró contaminantes difusos acumulados en superficies impermeables, como aceites de motor, residuos de neumáticos, metales pesados derivados del tráfico rodado (zinc, cobre), restos de pinturas, detergentes y productos de limpieza. Estos compuestos, aunque presentes en bajas concentraciones de forma individual, generan efectos sinérgicos cuando se acumulan en el medio acuático, afectando especialmente a los organismos filtradores y a las comunidades bentónicas.

En suma, el modelo de urbanización de las localidades del entorno, caracterizado por una alta ocupación del suelo, escasa retención hídrica y un saneamiento con limitaciones estructurales, favoreció durante la DANA una entrada masiva de contaminantes urbanos al sistema lagunar. Este fenómeno evidencia la necesidad de integrar criterios de infraestructura verde, drenaje sostenible y control de escorrentía urbana en la planificación territorial, para reducir el impacto ambiental de futuras lluvias extremas sobre ecosistemas vulnerables como la Albufera.

Medio natural

En las zonas de ribera, cauces secundarios y márgenes menos antropizados del entorno de la Albufera, el impacto de la DANA se manifestó principalmente en forma de erosión de suelos, arrastre de vegetación natural y movilización de sedimentos contaminados. La Rambla del Poyo, en particular, funcionó como un canal de transporte de grandes volúmenes de material vegetal y orgánico, que fueron incorporados al ecosistema lagunar con consecuencias relevantes para su equilibrio ecológico.

Entre los elementos arrastrados se identificaron cañas, ramas, vegetación palustre y maderas de ribera, junto con una considerable carga de sedimentos finos y limosos, que se desplazaron desde las zonas más elevadas del barranco hasta las zonas de acumulación próximas al lago. Estos materiales, al alcanzar la Albufera, incrementaron significativamente la concentración de materia orgánica en el sistema acuático.

Aunque la materia orgánica cumple una función ecológica esencial, su acumulación excesiva puede generar efectos adversos, especialmente bajo condiciones de baja oxigenación. En entornos anóxicos, el proceso de descomposición anaerobia produce gases como metano (CH_4) y sulfuro de hidrógeno (H_2S), además de favorecer la proliferación de bacterias potencialmente patógenas. Estos compuestos no solo deterioran la calidad del agua y afectan a los organismos acuáticos sensibles, sino que también emiten olores desagradables.

Un informe preliminar del Ministerio de Sanidad descartó riesgos inmediatos para la salud pública derivados del contacto con las aguas del lago tras la DANA, señalando una baja probabilidad de aparición de infecciones víricas, leptospirosis o legionelosis. No obstante, se reconoció el potencial sanitario asociado a la presencia de bacterias en condiciones de elevada carga orgánica, lo cual refuerza la necesidad de realizar un seguimiento ecológico continuo tras eventos extremos.

Como complemento a estos efectos sobre el medio hídrico y terrestre, cabe destacar que la DANA también ocasionó un deterioro considerable en la calidad del aire. Según un informe del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), se registraron niveles excepcionalmente altos de partículas en suspensión (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), superando el percentil 95 en casi todas las estaciones de monitoreo de la región, salvo en Molí del Sol. Este fenómeno se asoció al arrastre y resuspensión de polvo fino y partículas contaminantes desde superficies urbanas, agrícolas e industriales, transportadas por el viento y depositadas posteriormente en el sistema lagunar.

Tabla 5. Inventario general de contaminantes

Tipo de contaminante	Ejemplos	Forma en el medio	Fuente principal
Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)	Dioxinas, DLCs, furanos, PCBs, pesticidas organoclorados.	Asociados a partículas en suspensión y materia orgánica.	Mixto (agricultura, industria, urbano)
Metales pesados	Plomo (Pb), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Mercurio (Hg)	Unidos a partículas finas y sedimentos; solubilizados en condiciones específicas.	Urbano e industrial
Nutrientes	Nitrato (NO ₃ ⁻), Fosfato (PO ₄ ³⁻), Amonio (NH ₄ ⁺)	Disueltos en agua; alta movilidad y disponibilidad biológica.	Agrícola
Contaminantes microbiológicos	Escherichia coli, Enterococos, Salmonella	Disueltos o suspendidos en el agua.	Urbano y medio natural
Microplásticos	Fragmentos de PE, PP, PS, PVC; fibras sintéticas	En suspensión como partículas independientes o adheridos a compuestos tóxicos.	Mixto (agricultura, industria, consumo doméstico)
Hidrocarburos y disolventes	Aceites usados, gasolina, disolventes, pinturas	Disueltos en agua o adheridos a partículas flotantes y sedimentos.	Urbano e industrial

Fuente: Elaboración propia

- **Calidad de las aguas:**

Para entender correctamente el impacto ambiental de las inundaciones, se debe considerar la alteración de los parámetros de calidad del agua en el ecosistema receptor. En el caso de la Albufera, las intensas escorrentías provocaron una entrada masiva de agua dulce y sedimentos, que modificaron bruscamente la composición físico-química del lago. Uno de los efectos más notables fue la reducción de la conductividad eléctrica (indicador de salinidad) en un 82 %, acompañada de descensos significativos en nutrientes sólidos y materia orgánica que evidencian una renovación sustancial del sistema (Soria et al., 2025).

Con el objetivo de evaluar estas alteraciones, se realizaron muestreos de agua en distintos puntos del lago, acequias y en el Barranco del Poyo. Los análisis fueron llevados a cabo por la Consejería de Sanidad Universal y Salud Pública de la Generalitat Valenciana mediante técnicas de **espectrofotometría**, evaluando un conjunto de variables clave.

Entre las variables físico-químicas analizadas se incluyen la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, fósforo y nitrógeno totales. Además, se midió la **clorofila a** como variable biológica, utilizada como indicador indirecto de la biomasa fitoplanctónica. A continuación se presenta una tabla comparativa de los parámetros del agua después de la DANA y 4 días después.

Tabla 6. Parámetros de calidad del agua medidos tras la DANA, comparativa entre dos fechas.

Parámetro	Datos (31/10/2024)	Datos (04/11/2024)	Tendencia (post-DANA +4 días)
Conductividad 20 °C (µS/cm)	1028	649	Disminuye
DQO (mg/L O ₂)	<50	<50	Estable
Sólidos en suspensión (mg/L)	21	50	Aumenta
pH	7,49	7,47	Estable
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,6 (mín.)	6	Aumenta
Fósforo total (mg P/L)	0,23	0,34	Aumenta
Amonio (mg NH ₄ /L)	0,25	1,62	Aumenta
Clorofila a (mg/m ³)	2,81	52,70	Aumenta

Fuente: Consejería de Sanidad Universal y Salud Pública de la Generalitat Valenciana.

Los resultados reflejan alteraciones significativas en el estado trófico y la oxigenación del agua tras la DANA. El fósforo total superó el umbral de 0,1 mg/L en varios puntos de muestreo, lo que supone un indicador claro de riesgo ecológico por potencial eutrofización. De igual modo, se observó un aumento significativo en los sólidos en suspensión, tras la llegada de nuevo material.

En lo que respecta a la clorofila a, sus valores previos al evento eran elevados, debido en gran medida a la escasez de precipitaciones del mes anterior. No obstante, tras la DANA se produjo una caída abrupta hasta un mínimo de 2,81 mg/m³, reflejando una drástica reducción del fitoplancton, seguida de una recuperación progresiva en los días posteriores. Esta misma dinámica se identificó en el oxígeno disuelto, en la desembocadura del Barranco del Poyo donde se alcanzaron niveles críticos de 2,6 mg/L, con una posterior tendencia ascendente, lo que sugiere un proceso de estabilización ambiental tras el disturbio inicial.

4.3. Efectos ecológicos

En simulaciones experimentales de eventos de inundación, ejemplares de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) fueron expuestos a sedimentos artificiales compuestos por arena, arcilla caolinita y turba, contaminados con una mezcla de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en concentraciones ambientalmente relevantes. Estos ensayos demostraron la eficacia del diseño experimental para estudiar simultáneamente procesos de erosión y exposición a contaminantes en peces (Buchty-Lemke et al., 2010). Los resultados revelaron que incluso periodos breves de exposición, de apenas cinco días, eran suficientes para provocar una absorción significativa de HAPs y desencadenar efectos biológicos, como el aumento en la frecuencia de micronúcleos, un biomarcador de genotoxicidad. Además, estudios posteriores evidenciaron que la temperatura puede agravar estos efectos: en condiciones de estrés térmico, se observaron respuestas adversas adicionales como el estrés oxidativo, que no se manifestaban bajo temperaturas controladas (Brinkmann et al., 2013).

Aunque en capítulos anteriores se ha explicado en detalle cómo se desarrolló la DANA del 29 de octubre de 2024 y cuáles fueron sus efectos generales, resulta imprescindible sintetizar ahora sus consecuencias más significativas desde una perspectiva ecológica. Este apartado se centra en los impactos físicos, químicos y biológicos observados directamente sobre el entorno de la Albufera como resultado inmediato del evento.

Durante las primeras horas, el volumen y la energía de las aguas desencadenaron procesos de **erosión** severa en las zonas agrícolas colindantes, arrastrando consigo suelos superficiales ricos en nutrientes, pesticidas y metales pesados. Este aporte masivo de sedimentos se depositó rápidamente en el fondo del lago, provocando una colmatación acelerada que alteró el hábitat bentónico, redujo la profundidad ecológicamente activa del ecosistema y afectó a organismos dependientes de fondos estables y oxigenados.

En cuanto a la fauna, aunque los efectos a largo plazo aún están por determinarse, ya se han detectado cambios notables en la distribución y abundancia de aves acuáticas. En el marco del seguimiento coordinado entre SEO/BirdLife y la Dirección General del Medio Natural y Animal, se llevó a cabo un censo entre el 27 y el 29 de noviembre de 2024 en el Parque Natural de La Albufera de Valencia. Los resultados apuntan a una alteración del patrón habitual de invernada, probablemente inducida por la modificación de hábitats tras la DANA.

En concreto, se contabilizaron 22.000 anátidas, una cifra significativamente inferior al promedio histórico de 29.000 registrado para estas fechas entre 2019 y 2021. Por el contrario, la población de fochas experimentó un ligero aumento, y se observaron variaciones en la abundancia relativa entre especies. Estas diferencias podrían deberse a un efecto combinado de las alteraciones hidrológicas provocadas por la DANA y al desfase fenológico del censo, realizado este año a finales de noviembre en lugar de a comienzos de mes, como era habitual.

Además, se ha elaborado un informe específico centrado en el seguimiento del estado de los manantiales naturales de la Albufera, conocidos localmente como “ullals”, con el objetivo de identificar posibles daños derivados del episodio de inundación. Los primeros resultados han revelado varios puntos gravemente afectados, entre ellos el Ullal de Moncófar y el Ullal de Buda. Estas surgencias subterráneas albergan comunidades biológicas especialmente sensibles, entre las que destacan especies como el samaruc y el galápagos europeo, de la cual se ha documentado la muerte de 14 individuos. Resulta interesante señalar que en otros ecosistemas lagunares del litoral mediterráneo, como el Mar Menor, se han documentado episodios de mortandad masiva de peces tras eventos de DANA, debido a una crisis eutrófica (Ruiz Fernández et al., 2020)



Ilustración 18. Individuos de *E. orbicularis* y *M. leprosa* ahogados en las instalaciones del CAEP. **Fuente:** Centro Acuícola de El Palmar (CAEP)

En conjunto, la DANA provocó una alteración multifacética del ecosistema de la Albufera: degradó la calidad del agua mediante la introducción de contaminación biológica, química y plástica; erosionó y contaminó los suelos; sedimentó las zonas húmedas; destruyó hábitats esenciales y redujo la biodiversidad, afectando tanto a especies comunes como en peligro; impactó gravemente sobre áreas protegidas y desfragmentó los ciclos hidrológicos naturales. En definitiva, se produjo una combinación de daños estructurales y funcionales que comprometen la capacidad del humedal de recuperarse y ejercer sus funciones ecosistémicas, lo que hace imprescindible una actuación urgente y planificada desde la ordenación territorial.

4.4. Análisis edafológico del suelo como transporte de contaminantes

La probabilidad de que se produzca una inundación está estrechamente ligada al estado previo de humedad del suelo. La cantidad de agua presente en los poros del suelo en un momento dado depende principalmente de los procesos hidrológicos locales, tales como la infiltración, la escorrentía superficial y subsuperficial (especialmente cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de infiltración del terreno), así como de los flujos de redistribución, drenaje hacia o desde el acuífero, evaporación y transpiración vegetal (Stagl et al., 2014).

En este contexto, la contaminación edáfica representa una de las amenazas más graves para los recursos del suelo a escala global (Ponting et al., 2021; Wan et al., 2024). Este problema se intensifica en zonas cercanas a ríos, donde históricamente se han concentrado usos comerciales, industriales, residenciales y agrícolas. Estas actividades han contribuido a la degradación de la calidad de los sedimentos fluviales, que en episodios de desbordamiento como ocurre durante inundaciones son depositados sobre las tierras de las llanuras aluviales, afectando directamente a los suelos agrícolas aguas abajo (Wan et al., 2024).

En este estudio se han identificado los factores edáficos más relevantes para caracterizar el transporte de contaminantes en el suelo, mediante una combinación de revisión bibliográfica, consulta de informes de impacto ambiental y análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo final es desarrollar un **índice compuesto de vulnerabilidad**, capaz de estimar la predisposición del suelo a facilitar el transporte de contaminantes durante episodios meteorológicos extremos, como el evento del 29 de octubre de 2024.

La metodología se centra en priorizar únicamente aquellas **propiedades físicas y químicas del suelo** que influyen directamente en los procesos de desprendimiento, movilización y posible retención o atenuación de contaminantes bajo condiciones de saturación o anegamiento.

De tal modo que, se han excluido aquellos parámetros cuya influencia en estos procesos es reducida en el contexto local, como la pendiente, dado que el relieve en la cuenca del Barranco del Poyo y en la llanura de inundación que rodea el Parque Natural de la Albufera presenta una escasa variación topográfica. Del mismo modo, se ha descartado el pH del suelo como variable determinante, al mantenerse valores neutros en todo el ámbito de estudio, sin implicaciones significativas en la movilidad o solubilidad de los contaminantes más comunes.

Las propiedades seleccionadas para este análisis han sido: **contenido de fragmentos gruesos, densidad aparente, capacidad de agua disponible (CAD), contenido en materia y textura clasificada en USDA**. Cada una de ellas ha sido evaluada y representada espacialmente, incorporando una explicación detallada de su influencia en el comportamiento de los contaminantes en el contexto local, junto con los datos estadísticos utilizados para determinar los valores medios de las variables.

A partir de sus características, cada propiedad ha sido clasificada mediante una **ponderación de vulnerabilidad** de 1 (muy baja vulnerabilidad) a 5 (muy alta vulnerabilidad), reflejando su grado de contribución al transporte de contaminantes cuando el suelo se ve expuesto a escorrentía superficial o saturación. Asimismo, se ha asignado un peso específico a cada factor en función de su influencia relativa sobre el riesgo total de movilidad, garantizando que el índice final refleje tanto las propiedades locales del suelo como los mecanismos físicos propios del arrastre.

El desarrollo de este índice de vulnerabilidad edafológica busca, además, cubrir una carencia en los modelos tradicionales de evaluación del riesgo de inundación, los cuales suelen centrarse en parámetros hidrodinámicos y pasar por alto el papel fundamental que desempeñan las características del suelo. La integración de variables edáficas permite comprender con mayor profundidad por qué ciertas zonas de la llanura de inundación actúan como fuentes, vías de conducción o zonas tampón frente al transporte de contaminantes. El objetivo último es delimitar las áreas más sensibles a la movilización de contaminantes, especialmente aquellas que contribuyeron a la degradación de la calidad del agua y a la pérdida de integridad ecológica en el Parque Natural de la Albufera durante el episodio de la DANA.

A continuación se presentan los mapas elaborados por el autor a partir de la información proporcionada por el **European Soil Data Centre (ESDAC)**, una plataforma gestionada por el Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea, que actúa como centro de referencia científico-técnico en materia de suelos. El ESDAC recopila, armoniza y difunde datos edáficos procedentes de múltiples fuentes oficiales dentro de la Unión Europea, ofreciendo productos cartográficos fundamentales para el análisis ambiental, agrícola y territorial a escala continental.

Para este estudio, se ha utilizado cartografía edáfica en formato ráster facilitada por dicho organismo, la cual ha sido procesada mediante el software **ArcGIS**. La caracterización se ha centrado exclusivamente en los suelos contenidos dentro del área inundada, según la delimitación más actual disponible. Adicionalmente, en la parte superior de los mapas se incluye un **mosaico general de la cuenca del Barranco del Poyo**, con el fin de proporcionar una visión contextual del estado y distribución de los suelos en el conjunto del ámbito de estudio.

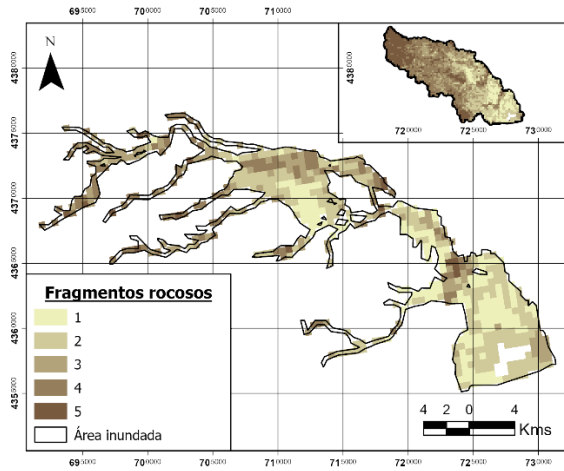


Ilustración 19. Mapa de fragmentos rocosos.

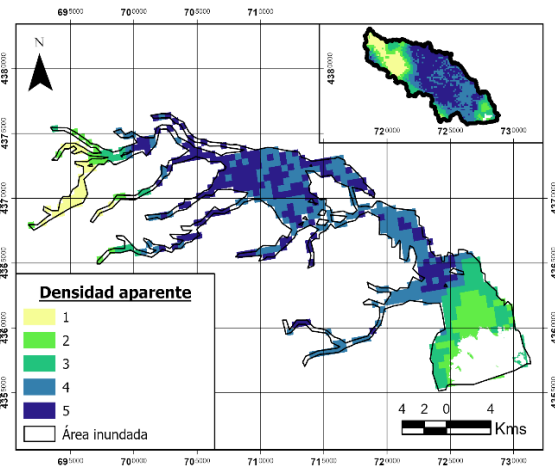


Ilustración 20. Mapa de la densidad aparente.

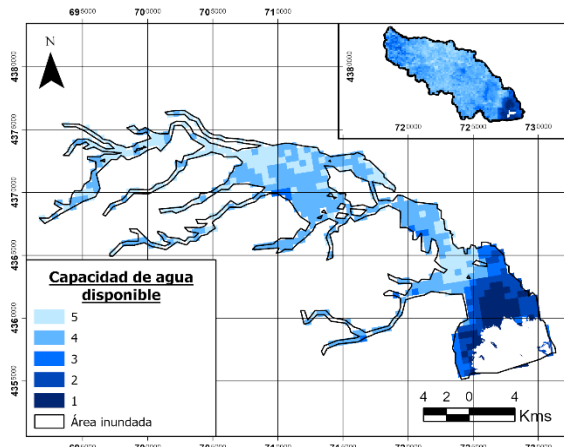


Ilustración 21. Mapa de la capacidad de agua disponible.

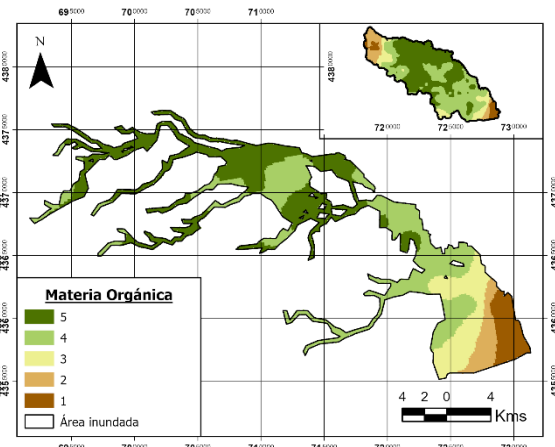


Ilustración 22. Mapa de contenido en materia orgánica.

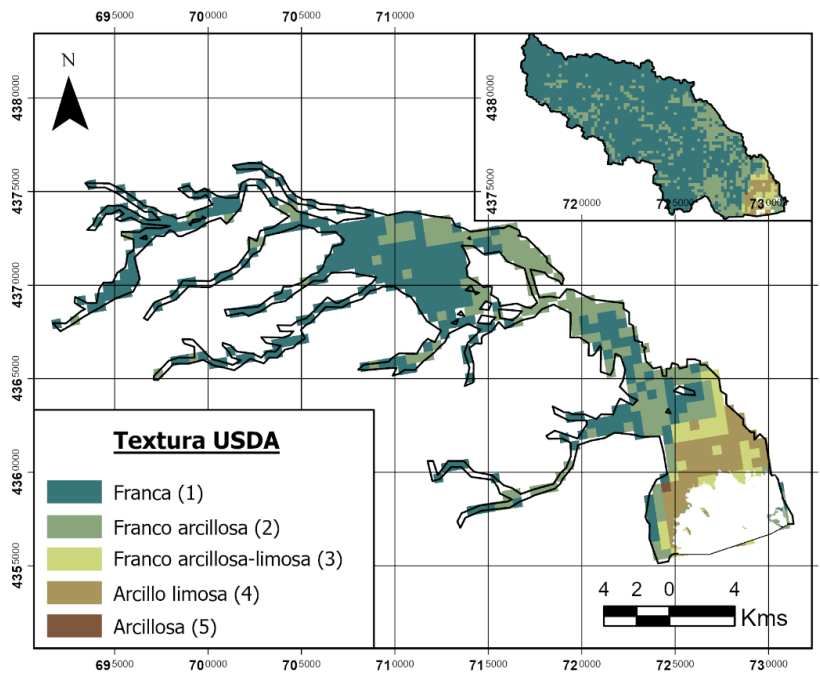


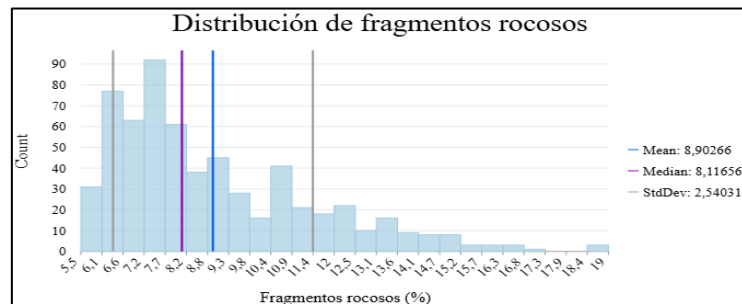
Ilustración 23. Mapa de clases texturales USDA.

Fragmentos rocosos:

La presencia de fragmentos gruesos reduce la capacidad del suelo para infiltrar agua y retener contaminantes. Según la FAO, su efecto se vuelve significativo cuando superan el 15 % del volumen del suelo, valor a partir del cual se ha asignado la máxima vulnerabilidad en este estudio.

Los valores más altos se localizan en zonas elevadas de la cuenca, como la Sierra de la Cabrera y el entorno de Cartarroja, en el borde agrícola del Parque Natural de la Albufera. Las zonas bajas, de suelos más finos y sedimentarios, presentan menores proporciones. Con una media del 8,43 %, pero con picos de hasta 18,96 %, esta variable actúa como factor amplificador del arrastre de contaminantes bajo episodios intensos de lluvia, aunque con menor peso que la textura o la capacidad de retención de agua

% Volumen	Puntuación
0 - 7	1
7 - 9	2
9 - 11	3
11 - 15	4
15 - 18	5

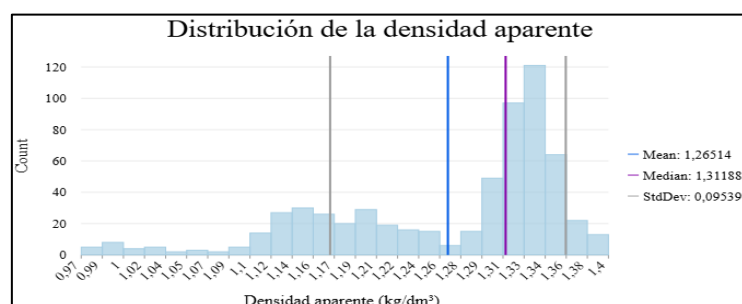


Densidad aparente:

La densidad aparente muestra valores relativamente homogéneos en la cuenca del Barranco del Poyo, con una media de 1,3 kg/dm³ y desviación estándar baja. Las zonas más compactadas, con valores de hasta 1,4 kg/dm³, se concentran en el centro y cabecera de la cuenca, donde los suelos son más someros y erosionados. En cambio, los valores más bajos, hasta 0,97 kg/dm³, aparecen en áreas agrícolas como Chiva y en los márgenes de la Albufera, influenciados por el riego prolongado y los ciclos de saturación.

Según la FAO y el USDA, densidades superiores a 1,3 kg/dm³ se asocian a menor porosidad y mayor escorrentía, por lo que se les asigna la máxima vulnerabilidad. Aunque este parámetro es útil como indicador de compactación, debe interpretarse junto con la textura y el contenido de arcilla para evitar sobreestimaciones en su efecto sobre el transporte de contaminantes.

kg/dm ³	Puntuación
0.97 – 1.0	1
1.0 – 1.1	2
1.1 – 1.2	3
1.2 – 1.3	4
1.3 – 1.4	5

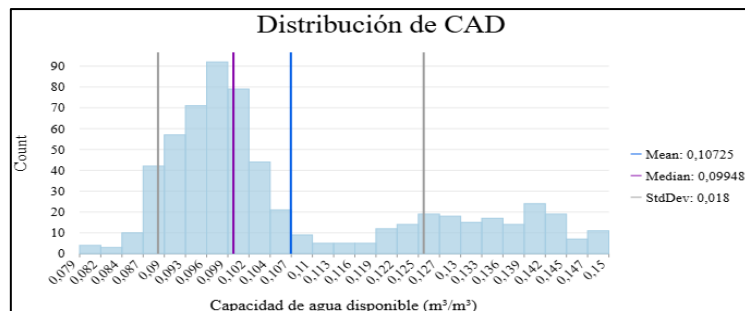


Capacidad de agua disponible:

La capacidad de agua disponible (CAD) representa el agua que el suelo puede retener y aportar a las plantas, y se calcula como la diferencia entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). En esta cuenca, los valores más bajos de CAD, en torno a 0,078 m³/m³, aparecen en zonas urbanas y compactadas, donde el suelo se satura rápidamente y favorece la escorrentía. En cambio, los valores más altos, hasta 0,15 m³/m³, se localizan en suelos agrícolas arcillosos del entorno de la Albufera, con mayor porosidad y retención.

Cuanto menor es la CAD, mayor es el riesgo de arrastre de contaminantes, ya que el suelo alcanza antes la saturación. Por ello, en este análisis se ha aplicado una escala inversa: los suelos con baja capacidad de retención reciben una puntuación más alta de vulnerabilidad, al presentar mayor propensión a generar escorrentía durante lluvias extremas como las de la DANA de 2024.

m ³ /m ³	Puntuación
0.135 – 0.15	1
0.12 – 0.135	2
0.105 – 0.12	3
0.095 – 0.105	4
0.078 – 0.095	5

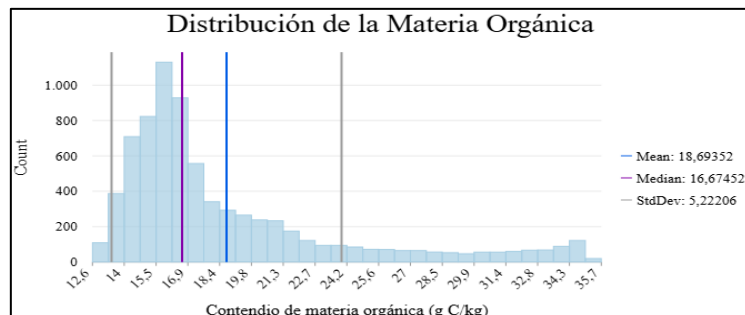


Materia orgánica:

La materia orgánica es uno de los factores más decisivos frente al arrastre de contaminantes. Mejora la estructura del suelo, retiene agua y favorece la adsorción de compuestos. Los valores más bajos, de **12,9 g C/kg** en el barranco de Sechara (Cheste), se localizan en zonas degradadas. En cambio, los más altos aparecen en suelos húmedos y cultivados del entorno de la Albufera.

Con un valor medio de **18,5 g C/kg**, ligeramente por encima del umbral crítico de **15 g C/kg** según la FAO, los suelos con menor contenido en MO se consideran más vulnerables, al presentar menos capacidad de retención y mayor riesgo de escorrentía contaminante.

g C/kg	Score
30 – 35,8	1
25 – 30	2
20 – 25	3
16 – 20	4
13 – 16	5



Textura USDA:

Finalmente, la textura también tiene un papel clave. De hecho, en muchos estudios se considera el factor más determinante, ya que aporta información sobre el origen del suelo y anticipa cómo responderá ante lluvias extremas. En la cuenca predomina la textura franca, versátil y equilibrada, que en principio no representa un riesgo elevado de escorrentía. No obstante, en algunas zonas el contenido arcilloso aumenta, especialmente cerca de la Albufera. La arcilla, al estar formada por partículas muy finas, presenta una estructura con menor espacio poroso para la acumulación de agua, lo que reduce la infiltración y convierte al suelo en más propenso a la escorrentía. Por este motivo, es menos permeable que los suelos con texturas más arenosas.

Sin embargo, con precipitaciones tan intensas como las de una DANA, incluso los suelos más porosos acaban superando su capacidad de retención. Por eso, aunque la textura es importante, en este análisis se pondera junto a otros factores que cobran más peso en este tipo de eventos, como la materia orgánica o la estructura del suelo, que acaban marcando la diferencia.

Tabla 7. Ponderaciones de propiedades edáficas.

Textura	Infiltración y retención	22%
Materia orgánica	Estructura y degradación	28%
CAD	Retención inicial	17%
Fragmentos rocosos	Infiltración	22%
Densidad aparente	Porosidad y resistencia	11%

Mapa de índice de vulnerabilidad edáfica al arrastre de contaminantes

Para interpretar correctamente el mapa, es importante entender que, en general, las áreas más propensas al transporte superficial de contaminantes se sitúan en las zonas altas de la cuenca, mientras que las zonas coloreadas en verde representan suelos con mayor capacidad de retención, es decir, menor riesgo de arrastre. Estas últimas se concentran principalmente en los alrededores de la Albufera, lo que indica que ese día el humedal actuó como un gran sumidero de contaminantes.

Las áreas más críticas se localizan al oeste de la ciudad de Valencia. La más extensa abarca **608,99 hectáreas** de terreno susceptible, coincidiendo con dos polígonos industriales del municipio de Riba-roja de Turia, próximos al aeropuerto de Manises. También se identifican zonas de alta peligrosidad en los polígonos industriales de Catarroja y Massanassa, donde se forma un cuello de botella rojo muy cercano al Parque Natural. En conjunto, estos resultados muestran cómo residuos, sedimentos y contaminantes potencialmente peligrosos pudieron ser arrastrados hacia zonas sensibles durante el episodio de la DANA del **29 de octubre de 2024**.

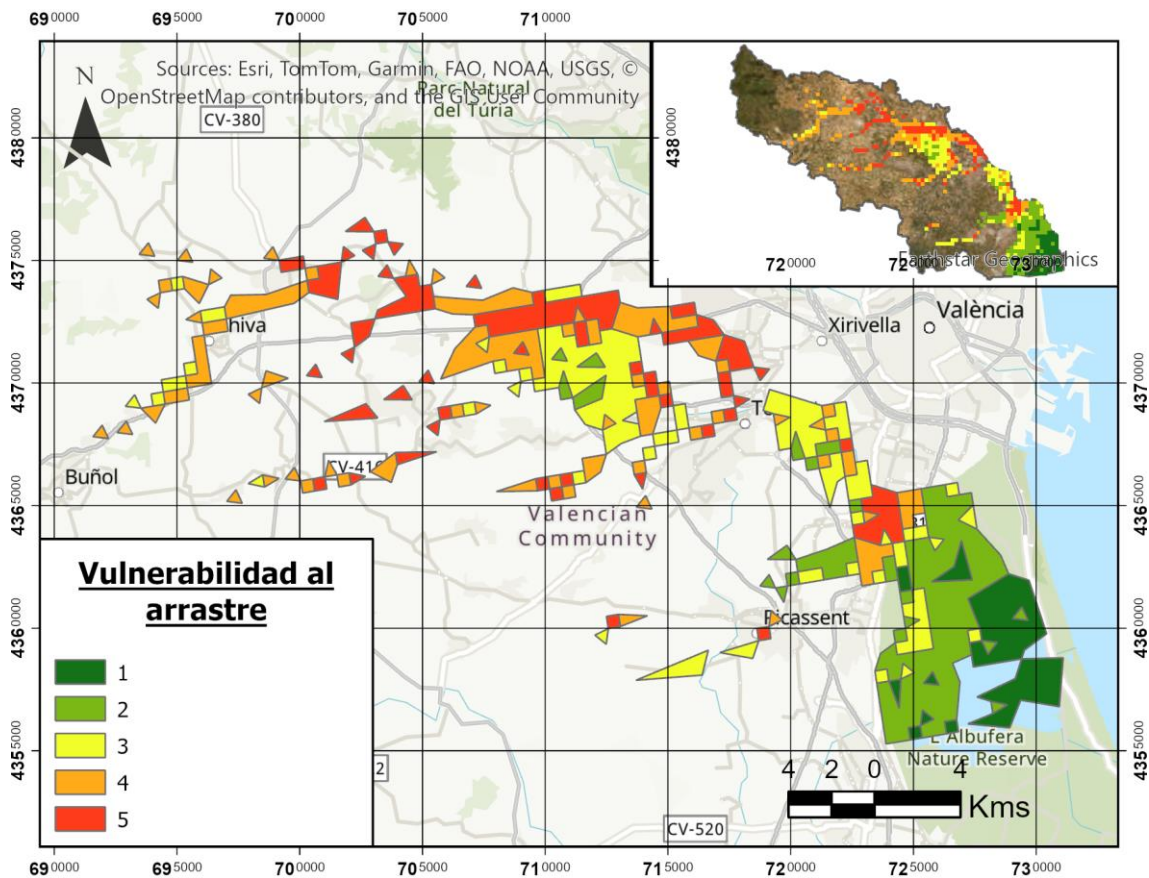


Ilustración 24. Mapa de vulnerabilidad al arrastre según características del suelo. **Fuente:** Elaboración propia.

El mapa resultante clasifica el territorio en función de la predisposición del suelo a facilitar el arrastre de contaminantes durante episodios de lluvia extrema. Este análisis permite observar no solo las zonas más vulnerables al transporte superficial de sustancias contaminantes, sino también, si se interpreta de forma inversa, aquellas áreas con mayor capacidad de retención. En este sentido, destaca de forma clara el entorno del Parque Natural de la Albufera como el sector del territorio donde, según las características edáficas de la capa superficial del suelo, la movilidad de contaminantes es notablemente menor.

Esto indica que el suelo de la Albufera, por su estructura, textura y contenido en materia orgánica, actúa como una barrera natural ante el avance de contaminantes, al menos en su dimensión superficial. No se ha abordado aquí el comportamiento del agua infiltrada ni las dinámicas subterráneas, consideradas menos relevantes en este contexto. Lo que sí se pone de manifiesto es el papel esencial del suelo como elemento activo en la dinámica de los contaminantes durante episodios extremos, y cómo su funcionalidad puede verse profundamente condicionada por el modo en que el territorio es gestionado.

Planificación y ordenación del territorio

5.1. Instrumentos de ordenación territorial vigentes (Marco jurídico)

El devastador episodio de DANA que afectó a la Comunidad Valenciana en octubre de 2024 no solo fue consecuencia de una meteorología extrema, sino también del modo en que hemos transformado el territorio. Las decisiones territoriales han jugado un papel clave en la impermeabilización progresiva del suelo debido a urbanizaciones, infraestructuras y asfaltado, reduciendo drásticamente la capacidad natural de absorción hídrica. Esta pérdida del "efecto esponja" convierte cada lluvia intensa en un fenómeno mucho más destructivo, con mayores volúmenes de escorrentía, arrastre de contaminantes y daños tanto ecológicos como sociales.

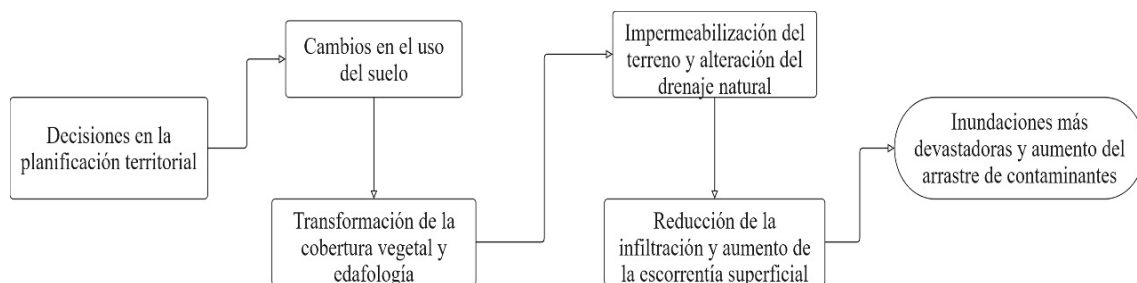


Ilustración 25. Efecto de la ordenación territorial sobre las inundaciones. Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito de la Rambla del Poyo y el Parque Natural de la Albufera confluyen una gran variedad de instrumentos de planificación territorial, ambiental, hidrológica y urbanística que operan a distintas escalas. A continuación se ofrece una visión estructurada de los principales planes de incidencia ambiental, desde el nivel más general hasta el más específico, destacando su contenido esencial y su incidencia en este territorio. Esta estructura permite entender cómo el marco de ordenación del territorio influye en la gestión de las inundaciones y en el arrastre de contaminantes, integrando consideraciones de desarrollo sostenible, protección ambiental y ordenación urbana.

En el presente trabajo, los planes mencionados a continuación no se analizan desde una perspectiva normativa exhaustiva, sino como herramientas de carácter informativo y contextual, útiles para comprender cómo la ordenación del territorio puede haber influido en la exposición y vulnerabilidad del entorno de la Albufera y la Rambla del Poyo. El análisis de estos planes permite identificar posibles conflictos entre la planificación territorial actual y las zonas inundables, con el objetivo de determinar cómo esta afección territorial contribuyó a agravar las consecuencias del episodio de la DANA de 2024, especialmente en lo que respecta al arrastre de contaminantes.

La **Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (ETCV)** constituye el principal instrumento de planificación y orientación para la ordenación del territorio en el ámbito autonómico. Su objetivo es definir un modelo territorial consensuado que promueva un desarrollo equilibrado y sostenible, fomentando un territorio más competitivo desde el punto de vista económico, más respetuoso con el medio ambiente y más inclusivo en lo social. Esta estrategia se concibe como un documento dinámico y operativo, capaz de identificar oportunidades territoriales y traducirlas en propuestas concretas, integrando el crecimiento económico con la conservación del patrimonio natural, paisajístico y cultural.

La Estrategia posee un valor normativo vinculante dentro del sistema valenciano de planificación, ya que sus objetivos y principios son de obligado cumplimiento para todas las administraciones públicas. Cualquier desviación respecto a sus directrices requiere una justificación explícita basada en los propios fines de la estrategia. Así, la ETCV actúa como marco de referencia jerárquico, del cual deben derivarse el resto de los planes y programas territoriales garantizando la coherencia y compatibilidad entre los diferentes niveles de planificación.

En particular, su influencia se extiende también al planeamiento urbanístico municipal, que debe incorporar los principios de la estrategia desde la fase inicial de elaboración y adaptarlos a las características del ámbito local. Esta articulación asegura una coherencia vertical entre escalas territoriales (autonómica, comarcal y local), así como una coherencia horizontal entre políticas sectoriales, evitando contradicciones y promoviendo un desarrollo territorial estructurado, resiliente y en equilibrio con los valores naturales del territorio valenciano.

Además de su función estructural en el sistema de planificación, la Estrategia Territorial se despliega a través de distintos ámbitos temáticos que abordan desde la gobernanza y la innovación económica hasta la ordenación del litoral o la protección del paisaje. Uno de sus aportes más significativos es la incorporación de la **Infraestructura Verde** como eje vertebrador del territorio, reconociendo el papel esencial de los espacios naturales y agrícolas en el equilibrio ecológico y la calidad de vida. Junto a ello, plantea un modelo territorial equilibrado y descentralizado que refuerza el papel de las ciudades medias y promueve la cohesión entre zonas urbanas y rurales. Todo ello se sostiene sobre principios como la sostenibilidad, la cooperación entre administraciones y la participación social, consolidando así la ETCV como un marco estratégico amplio, coherente y comprometido con un desarrollo territorial más justo, eficiente y ambientalmente responsable.

Planes de Acción Territorial (PAT)

La Estrategia Territorial contempla los instrumentos que permiten aplicar en la práctica sus directrices. Entre ellos, se incluyen los Planes de Acción Territorial (PAT), los Planes Especiales, los Planes Generales de ámbito municipal e incluso determinadas actuaciones públicas directas. Además, sus contenidos pueden integrarse en otros planes, programas o proyectos impulsados por las administraciones competentes.

Los **Planes de Acción Territorial (PAT)** son una de las principales herramientas operativas para trasladar las directrices estratégicas de la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (ETCV) a escalas más concretas. Están concebidos para actuar en ámbitos supramunicipales, como comarcas, áreas funcionales o metropolitanas, donde los retos territoriales superan el marco de un solo municipio. Su función es conectar la planificación regional con la realidad local, adaptando los grandes principios de la estrategia a las particularidades de cada territorio y articulando medidas específicas para su desarrollo equilibrado.

Un ejemplo representativo es el **Plan de Acción Territorial Metropolitano de València (PATEVAL)**, que surge como respuesta a los efectos negativos de una planificación fragmentada tras la desaparición del antiguo Consell Metropolità de l'Horta. Este plan aborda de forma integral una serie de problemáticas derivadas de la expansión urbana descoordinada, como la pérdida de suelos fértiles, el aumento del suelo sellado, la fragmentación del paisaje, el crecimiento disperso y la dependencia del vehículo privado. Con ello, el PATEVAL busca revertir las disfunciones territoriales acumuladas y proyectar un modelo metropolitano sostenible, eficiente y más justo en términos de accesibilidad y calidad de vida.

Entre sus líneas prioritarias destaca la definición de una infraestructura verde continua, capaz de proteger los valores ambientales, ecológicos y paisajísticos del territorio, a la vez que ofrece servicios ambientales clave como la mejora de acuíferos, mitigación del cambio climático, producción agraria de proximidad o conexión de espacios naturales. Asimismo, el plan identifica ámbitos estratégicos para reconducir el crecimiento urbano hacia zonas más adecuadas, evitando áreas vulnerables o de alto valor ecológico. También incorpora criterios de movilidad sostenible y contempla una regulación coordinada de aspectos como el suelo rural o la vivienda.

Tanto la ETCV como los PAT se articulan de forma complementaria, delimitan zonas de actuación, pero mientras la primera identifica ámbitos estratégicos a nivel autonómico, los segundos desarrollan y concretan dichas áreas mediante directrices y medidas operativas adaptadas a cada territorio.

Además de estos planes de aplicación general, se han establecido varias normativas relativas al Parque Natural de la Albufera, orientadas a su protección y gestión específica como espacio natural de alto valor ecológico. Entre ellas, destaca el **Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN)**, aprobado mediante el Decreto 96/1995, de 16 de mayo, del Gobierno Valenciano, por el que se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Cuenca Hidrográfica de la Albufera. Según la normativa estatal (arts. 16 a 24 de la Ley 42/2007), los PORN tienen carácter prevalente sobre cualquier otro instrumento de ordenación territorial, urbanística o sectorial, y deben ser asumidos por estos, salvo por razones excepcionales de interés público. Además, mientras están en tramitación, se prohíben las transformaciones sustanciales del medio que puedan comprometer sus objetivos. Este plan no solo delimitó el ámbito territorial protegido, sino que también identificó los valores naturales prioritarios, definió los objetivos de conservación y estableció una zonificación ambiental que ordena el territorio en función de su sensibilidad ecológica. Su función principal es definir qué valores ecológicos, paisajísticos y culturales existen, cómo se estructuran en el territorio y qué medidas deben tomarse para conservarlos, restaurarlos o integrarlos en una gestión sostenible.

Un ejemplo reciente de aplicación del PORN se recoge en una resolución administrativa de marzo de 2025, en la que se desestimó un proyecto dentro del ámbito protegido de la Albufera al entenderse que implicaba una transformación sensible del territorio. A pesar de que el plan se encuentra actualmente en proceso de revisión para ajustarse a la ampliación del ámbito protegido, incluyendo el medio marino vinculado al LIC (Lugar de Importancia Comunitaria), el régimen de protección cautelar se mantiene vigente. Esto confirma la eficacia jurídica del PORN incluso en fase de revisión y su función como marco de referencia en la evaluación ambiental de intervenciones en espacios naturales protegidos.

La Albufera no es solo una laguna costera, sino un sistema ecológico complejo formado por marjales, arrozales, playas, cordones dunares, acequias y núcleos urbanos en su entorno próximo. El PORN tiene como objetivo preservar esta diversidad, organizando el espacio natural en función de distintos niveles de protección y uso. Para ello, delimita zonas de protección estricta, donde la conservación es prioritaria; zonas de uso compatible, que permiten actividades tradicionales o científicas bajo determinadas condiciones; y zonas de transición, que actúan como espacios de amortiguación frente a los usos del entorno. Así, el plan busca mantener procesos naturales esenciales como es el intercambio de agua dulce y salada, la migración de aves o la calidad del agua y del suelo, al tiempo que reconoce la presencia de actividades humanas que deben gestionarse con especial atención.

El **Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN)** del Parque Natural de la Albufera no solo protege el núcleo ecológico del humedal, sino que articula su integración en el conjunto del territorio valenciano, reconociendo su vinculación con la Huerta de València, la Rambla del Poyo, los sistemas agrícolas circundantes y el litoral mediterráneo. Para ello, delimita zonas clave de conexión ecológica, como corredores y espacios de transición, que aseguran el mantenimiento de procesos naturales fundamentales como el flujo hídrico, la conectividad de hábitats o los desplazamientos de fauna.

Una de sus funciones esenciales es establecer criterios de uso del suelo diferenciados por zonas, regulando de forma clara qué actividades pueden desarrollarse y en qué condiciones. Así, se restringen severamente los usos en áreas de alto valor ecológico, mientras que se permite la continuidad de actividades tradicionales, como el cultivo de arroz, siempre que se ajusten a principios de sostenibilidad. El plan también contempla zonas de uso compatible donde se regulan actividades recreativas, educativas o científicas.

Entre sus objetivos principales destacan la protección de la biodiversidad, la restauración de zonas degradadas, la mejora de la calidad del agua y el equilibrio hídrico, así como la ordenación de los usos humanos y la coordinación entre administraciones. En conjunto, el PORN actúa como un marco ambiental integrador que no solo preserva el humedal, sino que orienta su convivencia con las dinámicas del territorio que lo rodea.

Como es natural en todo espacio protegido, al Parque Natural de la Albufera le corresponde un **Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG)**, que actúa como el instrumento encargado de regular de forma operativa los usos y actividades que pueden desarrollarse en su interior. Este plan se apoya en la zonificación y en los criterios establecidos previamente por el PORN, al que complementa desde un enfoque más práctico. Mientras el PORN establece los valores naturales que deben preservarse y delimita el territorio según su sensibilidad ambiental, el PRUG organiza el funcionamiento cotidiano del parque, determinando qué se puede hacer, en qué zonas, en qué condiciones y con qué limitaciones, con el fin de compatibilizar la conservación ecológica con los usos tradicionales y las dinámicas sociales del entorno.

El PRUG tiene como objetivo ordenar los usos humanos en el espacio protegido de forma que no se comprometan sus valores ecológicos. No es un documento meramente teórico, sino un conjunto de normas prácticas que deben aplicarse desde la gestión pública y ser respetadas por quienes interactúan con el entorno. Su función es clave, ya que busca garantizar que las actividades sean compatibles con la conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y el paisaje.

De tal manera, el PRUG establece una amplia gama de normas que afectan tanto a los recursos naturales como a los usos humanos. En cuanto a la protección ambiental, regula aspectos como la flora, la fauna, los recursos hídricos, los suelos, el litoral, el paisaje y el patrimonio cultural, prohibiendo actividades como la roturación de vegetación silvestre, la introducción de especies exóticas o la apertura de nuevos pozos. Asimismo, impone restricciones específicas sobre vertidos, construcciones, alteraciones del terreno y otras acciones que puedan comprometer la integridad del ecosistema.

En relación con los usos del territorio, el PRUG ordena actividades agrícolas, pesqueras, ganaderas y cinegéticas además de regular la edificación en suelo no urbanizable, establece criterios de uso público y turístico, define zonas para instalaciones y actividades recreativas, y contempla la necesidad de un plan específico de uso público.

Las normas recogidas en el PRUG se aplican en función de una zonificación específica del territorio, diseñada para ajustar los usos permitidos al grado de sensibilidad ambiental de cada área. El plan establece siete categorías de zonificación excluyentes entre sí, cada una con su propio régimen normativo. Estas son: áreas de reserva (R), uso restringido (UR), actuación preferente (AP), equipamientos y servicios (ES), uso agrícola (A), áreas edificadas (AE) y zonas de actuación en el entorno de núcleos urbanos (AE). Dado que las restricciones y condiciones varían según la categoría, resulta fundamental consultar la cartografía oficial para conocer con precisión qué normativa se aplica en cada lugar. Esta estructura territorial permite al PRUG adaptar su acción normativa a la diversidad de situaciones del parque, equilibrando conservación y uso según las características de cada zona.

En conjunto, el PRUG actúa como la herramienta que traduce los principios de protección del parque en una gestión concreta y aplicada sobre el terreno. Su acción normativa permite mantener el equilibrio entre la preservación de los valores naturales y el desarrollo de actividades compatibles, ajustando las decisiones de uso del territorio a la complejidad ecológica, social y funcional del entorno de la Albufera.

Tanto el PORN como el PRUG delimitan áreas del parque con distintos niveles de protección en función de su valor ecológico, pero también consideran su vulnerabilidad física y su exposición al riesgo, especialmente en zonas bajas o próximas a cauces y marjales.

Los **Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU)** constituyen el instrumento básico de planificación urbanística a escala municipal. Su función es ordenar el territorio local de manera integral, estableciendo la clasificación del suelo (urbano, urbanizable y no urbanizable), la distribución de usos (residencial, industrial, dotacional, agrícola, etc.) y la localización de infraestructuras, equipamientos y espacios libres. Al tratarse del nivel más próximo de planificación, los PGOU son también los encargados de hacer efectiva la aplicación de los principios, directrices y limitaciones impuestas por los planes de escala superior, como la Estrategia Territorial de la Comunitat Valenciana (ETCV), los Planes de Acción Territorial (PAT), los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN), los PRUG y los planes sectoriales como el PATRICOVA o los hidrológicos.

Desde el punto de vista jurídico, los PGOU deben respetar la **jerarquía normativa**, lo que implica su adaptación obligatoria a cualquier disposición de rango superior que resulte incompatible. De este modo, actúan como el último eslabón en el sistema de ordenación del territorio, concretando las políticas públicas sobre el suelo de cada municipio. Esta función resulta especialmente relevante en contextos de riesgo natural, como las zonas inundables del entorno de la Albufera, donde los PGOU deben incorporar criterios de resiliencia, limitación de usos vulnerables y adaptación al cambio climático.

En el área de estudio, que incluye buena parte de los municipios afectados por las inundaciones asociadas a la DANA de octubre de 2024, los PGOU presentan características diversas, pero con ciertos elementos comunes. Municipios como Torrent, Quart de Poblet, Riba-roja de Turia, Paiporta, Alaquàs, Catarroja o Silla se encuentran en zonas llanas con alta exposición a avenidas fluviales y escorrentías ligadas a ramblas como la del Poyo. En sus respectivos planes generales se reflejan tanto los condicionantes derivados del riesgo de inundación como la convivencia con usos urbanos, agrícolas y logísticos. Por ejemplo, en el caso de València, recientemente se han aprobado modificaciones puntuales para adaptar infraestructuras a los riesgos hídricos, como la elevación de aparcamientos en zonas con afección hidráulica. En otros municipios como Torrent o Chiva, se están actualizando sus PGOU para consolidar una ordenación más segura, eficiente y compatible con la conservación del entorno.

En conjunto, los PGOU permiten operativizar a escala local las grandes estrategias de ordenación territorial y ambiental, adecuando el uso del suelo a las condiciones físicas del territorio y a las exigencias de protección ecológica y prevención del riesgo. Su correcta adaptación a los marcos superiores no solo es un mandato legal, sino una condición esencial para reducir la vulnerabilidad de los núcleos urbanos ante eventos extremos como los registrados en la DANA de 2024.

5.2. Zonas inundables

A nivel nacional y en respuesta a la creciente preocupación por el aumento de fenómenos extremos como las inundaciones en el territorio español, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en aplicación de los principios establecidos por la Directiva 2007/60/CE sobre la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, ha desarrollado un marco normativo específico para abordar este problema. Esta directiva, que fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 903/2010, establece las bases para la planificación y gestión del riesgo de inundación en coordinación con la planificación hidrológica establecida por la Directiva Marco del Agua.

El proceso definido por la normativa se estructura en **tres fases principales**:

1. Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), que permite identificar las **Áreas con Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI)** mediante el análisis de factores históricos, topográficos e hidrológicos;
2. Elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo, que representa gráficamente la extensión y los impactos potenciales de las zonas inundables, accesibles a través del **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**;
3. **Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI)**, que recogen las medidas estructurales y no estructurales para la prevención, preparación, protección y recuperación ante eventos de inundación, implicando a todas las administraciones públicas y a la sociedad civil.

Las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) son zonas del territorio en las que se ha identificado la existencia de un riesgo relevante de inundación, ya sea por antecedentes históricos de eventos con consecuencias graves o por el potencial impacto que tendría una inundación en el contexto actual de ocupación del suelo, infraestructuras y exposición de bienes.

La identificación de las ARPSI se basa en el análisis de información fácilmente disponible: registros históricos de inundaciones, estudios topográficos e hidrológicos, tendencias del cambio climático, condiciones del uso actual del suelo y presencia de elementos vulnerables como núcleos urbanos, infraestructuras críticas o ecosistemas sensibles. Esta delimitación se realiza por los organismos de cuenca competentes en colaboración con las autoridades de protección civil y, en el caso de riesgos costeros, con la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.

Cada ARPSI puede estar compuesta por varios subtramos y queda registrada cartográficamente como un tramo de cauce o litoral con potencial elevado de desbordamiento. Su localización implica la obligación de elaborar mapas específicos de peligrosidad y riesgo, así como su integración prioritaria en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), donde se definen las medidas a implementar para reducir su vulnerabilidad y consecuencias.

El reconocimiento oficial de una ARPSI conlleva, por tanto, su consideración prioritaria dentro de la planificación hidrológica, urbanística y territorial, siendo un instrumento clave para garantizar una gestión preventiva y adaptativa del territorio frente a inundaciones.

Antes de avanzar, es fundamental distinguir entre los conceptos de **peligrosidad** y **riesgo**, ya que su comprensión resulta clave para el análisis territorial de las inundaciones. La peligrosidad se refiere exclusivamente a la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino en un lugar concreto y durante un periodo determinado. En el caso de las inundaciones, esta probabilidad se expresa habitualmente en función del periodo de retorno, es decir, la frecuencia estadística con la que se espera que un evento similar vuelva a repetirse. Así, es común hablar de escenarios de 10, 50, 100 y hasta 500 años de retorno.

Por su parte, el riesgo es un concepto más amplio, que incorpora no solo la peligrosidad del evento, sino también las consecuencias que tendría su ocurrencia. Esto implica considerar la exposición y la vulnerabilidad de los elementos presentes en el territorio: desde la población y las edificaciones hasta las infraestructuras, los sistemas productivos y el propio medio ambiente. Por tanto, el riesgo no depende únicamente de la intensidad de la inundación, sino también de qué hay en la zona afectada y cuán susceptible es de sufrir daños.

Para la cartografía elaborada bajo la guía metodológica del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), es esencial entender esta diferencia, ya que se han formulado tanto **mapas de peligrosidad** como **mapas de riesgo**, en función de los elementos considerados en su elaboración.

El SNCZI es una iniciativa del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico que constituye la referencia oficial en España para la generación, gestión y difusión de la cartografía relacionada con las zonas inundables. Nació como respuesta a la Directiva 2007/60/CE, con el objetivo de mejorar la planificación del territorio, la prevención de daños y la transparencia administrativa en materia de riesgo de inundación.

Este sistema recopila y armoniza información procedente de las distintas demarcaciones hidrográficas del país, tanto intercomunitarias como intracomunitarias, garantizando una cobertura territorial amplia y una metodología uniforme en la elaboración de los estudios. En el caso particular de este trabajo, los datos utilizados provienen de la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y se integran con registros del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH), lo que permite disponer de información actualizada y coherente para el análisis del riesgo de inundación en el ámbito de estudio.

Los mapas de peligrosidad y riesgo de inundación constituyen la base técnica fundamental sobre la que se articulan los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI), al proporcionar una representación detallada de las zonas susceptibles de verse afectadas por avenidas. En este contexto, los trabajos cartográficos del primer ciclo se completaron en 2014, estableciéndose su revisión obligatoria antes del 22 de diciembre de 2019. Como resultado de este proceso, en el año 2020 se concluyó la elaboración y actualización de los mapas correspondientes al segundo ciclo, incorporando mejoras metodológicas y nueva información territorial.

A nivel autonómico, la Comunitat Valenciana cuenta con el **PATRICOVA (Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación)**, un instrumento sectorial normativo destinado a incorporar el riesgo de inundación en la planificación territorial y urbanística. Este plan tiene como finalidad prioritaria restringir el desarrollo en zonas inundables, promoviendo un modelo territorial resiliente y adaptado al contexto hidrometeorológico actual. Frente a la cartografía nacional de zonas inundables, el PATRICOVA ofrece un análisis más profundo y detallado del riesgo, elaborado a partir de estudios geomorfológicos, modelización hidráulica y criterios de evaluación integrados.

El plan actúa sobre un total de 270.000 hectáreas de territorio, identificando más de 15.000 hectáreas como zonas inundables y evitando el desarrollo en más de 7.500 hectáreas mediante la emisión de informes técnicos preceptivos. Sus determinaciones afectan directamente a planes urbanísticos generales, infraestructuras, desarrollos en suelo no urbanizable y lugares de interés comunitario (LICs), condicionando su viabilidad en función del nivel de riesgo identificado.

La evaluación del riesgo en el PATRICOVA se basa en cuatro dimensiones clave: social, económica, medioambiental e infraestructural, y tiene en cuenta una serie de variables como la densidad de población expuesta, el tipo de uso del suelo, la presencia de instalaciones industriales potencialmente contaminantes, las zonas de captación de agua, los hábitats protegidos, las infraestructuras y equipamientos estratégicos y el patrimonio cultural. Esta aproximación territorial permite evaluar no solo dónde puede producirse una inundación, sino también qué consecuencias tendría sobre el entorno humano y ambiental.

Desde el punto de vista cartográfico, el plan se organiza en tres bloques de información complementaria:

1. Estudios de inundabilidad, que delimitan las áreas potencialmente inundables mediante análisis del comportamiento hidráulico del terreno.
2. Mapas de peligrosidad, que representan la probabilidad de ocurrencia de una inundación en función del periodo de retorno, clasificando el territorio en siete niveles: del nivel 1 (muy alta peligrosidad) al nivel 6 (muy baja), más un nivel 7 geomorfológico, que identifica zonas con evidencia física de inundaciones históricas sin modelización hidráulica completa.
3. Mapas de riesgo, que combinan la peligrosidad con los usos del suelo y la vulnerabilidad territorial, y clasifican el territorio en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, reflejando la gravedad de las posibles consecuencias según el tipo de actividad presente en el área expuesta.

Este enfoque territorial y normativo diferencia al PATRICOVA de otros sistemas como el SNCZI, cuya cartografía nacional se centra en la peligrosidad física sin incorporar con el mismo nivel de detalle las implicaciones socioeconómicas y ambientales del riesgo. En este sentido, el PATRICOVA resulta especialmente útil para este trabajo, ya que ofrece una herramienta de análisis coherente con los objetivos integrados del estudio, al permitir visualizar simultáneamente la distribución del riesgo y su vinculación con los usos reales del suelo.

La relevancia del PATRICOVA ha quedado patente en episodios recientes como la DANA del 29 de octubre de 2024, donde muchas de las zonas afectadas por anegamientos y daños coincidieron con áreas previamente señaladas por el plan como de alta o muy alta peligrosidad. Este hecho evidencia no solo la precisión técnica del instrumento, sino también su potencial para mejorar la capacidad de prevención y adaptación territorial frente a episodios cada vez más intensos y frecuentes en el contexto del cambio climático.

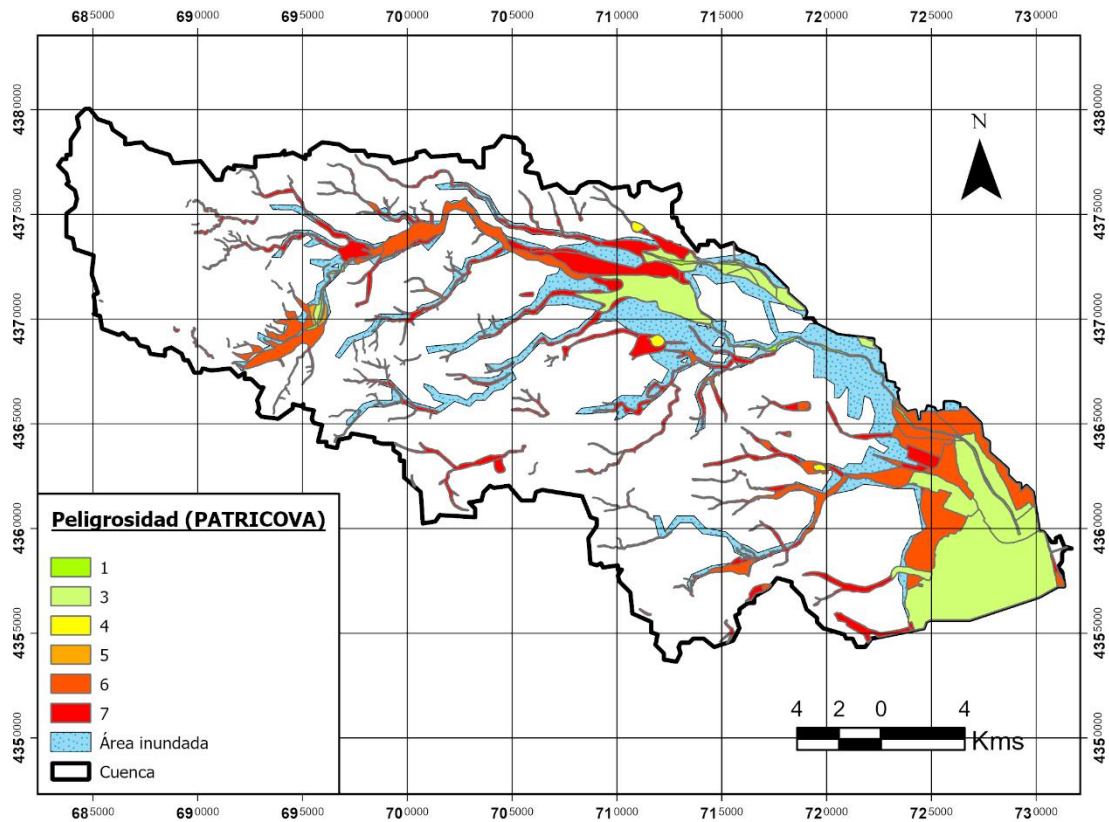


Ilustración 26. Mapa de niveles de peligrosidad del PATRICOVA. Fuente: Elaboración propia.

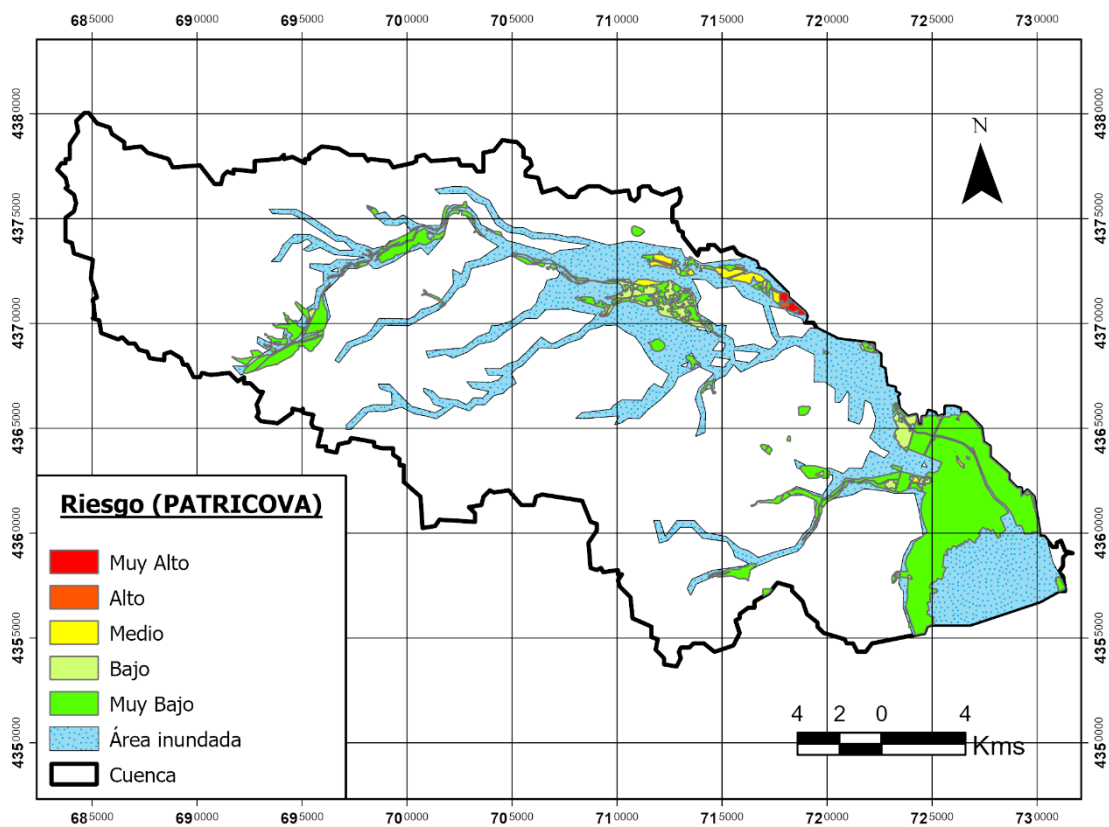


Ilustración 27. Mapa de niveles de riesgo del PATRICOVA. Fuente: Elaboración propia.

Como muestran los mapas analizados, el PATRICOVA clasifica gran parte del territorio afectado como de riesgo bajo o muy bajo en lo que respecta a las actividades socioeconómicas. Esta categorización deriva de su metodología, basada en la combinación entre peligrosidad y vulnerabilidad, entendida esta última como el tipo de uso del suelo y su exposición potencial a los efectos de una inundación. Sin embargo, al centrarse en un enfoque técnico que valora el impacto según la sensibilidad del uso del territorio, la representación final del riesgo puede llegar a minimizar los efectos reales que un evento extremo puede desencadenar.

La comparación con el área realmente afectada durante la DANA del 29 de octubre de 2024 evidencia esta limitación. La cartografía de riesgo subestimó las consecuencias que una crecida podía ocasionar en zonas densamente urbanizadas, industriales o conectadas con infraestructuras clave. Municipios como Aldaia, Alaquàs o Riba-roja de Túria, fuertemente consolidados y atravesados por infraestructuras vulnerables, sufrieron daños de gran magnitud que no estaban adecuadamente reflejados en los niveles de riesgo asignados previamente. Aunque es cierto que en algunos casos se identificaban ciertos polígonos industriales como de riesgo alto, no se anticiparon los efectos en áreas residenciales, como ocurrió en Paiporta, uno de los municipios más golpeados por el episodio.

Por otro lado, los mapas de peligrosidad sí ofrecían una cobertura espacial más ajustada a lo que sucedió, al abarcar áreas que efectivamente resultaron inundadas. Sin embargo, estos mapas no incorporan el análisis de las consecuencias ni del grado de exposición, por lo que no permiten prever el impacto en términos humanos, económicos o ambientales. Esta disociación entre lo que la cartografía anticipa y lo que realmente ocurre en un episodio extremo pone de manifiesto la necesidad de revisar y actualizar los criterios de evaluación territorial del riesgo de inundación, incorporando un conocimiento más detallado de las dinámicas urbanas y del valor funcional de los suelos afectados. Una gestión eficaz del riesgo debe apoyarse en herramientas que reflejen con precisión tanto la probabilidad de inundación como las consecuencias reales que puede generar en territorios con alta complejidad social, económica y ambiental.

En conclusión, el PATRICOVA es una herramienta esencial en la gestión autonómica del riesgo de inundación, especialmente en áreas como el entorno metropolitano de Valencia. A pesar de su solidez técnica, los daños provocados por la DANA del 29 de octubre de 2024 evidencian deficiencias en la valoración del riesgo real, particularmente en zonas urbanas e industriales densamente ocupadas. Esto subraya la necesidad de actualizar los criterios de evaluación incorporando una lectura más amplia del territorio, que considere no solo la peligrosidad física, sino también las implicaciones sociales, económicas y ambientales. Mejorar esta planificación es clave para anticipar con mayor precisión las consecuencias de futuros eventos extremos.

5.3. Gestión del riesgo

Los mapas de inundaciones son elaborados minuciosamente por equipos técnicos especializados que, mediante el uso de tecnologías avanzadas y el conocimiento acumulado, generan cartografía de alta fiabilidad. Sin embargo, en la elaboración de estos mapas no se considera el papel de los sedimentos, a pesar de que diversos estudios han señalado su importancia en los procesos de inundación fluvial (Vázquez-Tarrío et al., 2024). Esta omisión se debe, en parte, a la escasez de investigaciones específicas sobre las consecuencias que los sedimentos pueden tener en el comportamiento hidrodinámico de las avenidas, aunque recientes publicaciones han puesto de manifiesto su potencial peligrosidad en estos contextos.

La gestión del riesgo de inundación se define como el proceso continuo e integral destinado a reducir la probabilidad y el impacto negativo de las avenidas fluviales, combinando la previsión de eventos extremos con la reducción de la exposición y la vulnerabilidad del territorio. En el caso de España, este enfoque se articula bajo el marco normativo del Real Decreto 903/2010, que transpone la Directiva 2007/60/CE y establece una planificación estructurada a partir de tres pilares: la evaluación preliminar del riesgo, la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo, y el desarrollo de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI).

Esta estrategia se sustenta en un enfoque integrado que combina medidas estructurales como presas, encauzamientos o restauración de llanuras de inundación con medidas no estructurales, entre las que destacan la ordenación del territorio, la planificación urbanística adaptada, los sistemas de alerta temprana, la formación ciudadana y los instrumentos de protección civil. Además, se reconoce la importancia de los indicadores de seguimiento, las herramientas cartográficas y los modelos predictivos para orientar decisiones y evaluar el cumplimiento de objetivos.

El marco jurídico también vincula directamente la gestión del riesgo con la planificación territorial, al establecer la obligación de clasificar como suelo no urbanizable aquellos terrenos identificados como inundables, así como de ajustar los usos del suelo a los niveles de peligrosidad detectados en los estudios técnicos y cartográficos. Esta exigencia se recoge tanto en la legislación de aguas como en la normativa urbanística estatal y autonómica, lo que refuerza el carácter transversal del enfoque de prevención. Además, los planes especiales de protección civil refuerzan la gestión del riesgo al establecer alertas, evacuaciones y protocolos de coordinación, asegurando una respuesta eficaz ante inundaciones más allá de la planificación previa. En conjunto, estas herramientas legales constituyen un sistema preventivo para reducir la exposición, anticipar las consecuencias y mejorar la resiliencia del territorio frente a futuras inundaciones.

El caso de la DANA del 29 de octubre de 2024 evidenció tanto aciertos como limitaciones del sistema. La falta de ejecución de ciertas infraestructuras clave y los desfases en la alerta y evacuación pusieron de manifiesto la necesidad de mejorar la coordinación interadministrativa y actualizar los estudios de riesgo. La experiencia ha puesto en valor la necesidad de integrar medidas de protección natural y la actualización continua de la cartografía de riesgo bajo criterios realistas y adaptativos frente al cambio climático.

Así, aunque los planes de gestión del riesgo de inundación representan un avance fundamental en la prevención de daños, limitando la expansión urbana en áreas con alta peligrosidad, no pueden considerarse herramientas suficientes si se aíslan del contexto real del territorio. En muchos casos, la existencia de infraestructuras previamente consolidadas en zonas inundables continúa representando un riesgo que debe ser evaluado con rigor. Además, tal como se ha demostrado a lo largo de este trabajo, la planificación actual no incorpora de forma adecuada otros factores clave como el transporte de sedimentos, la degradación progresiva del suelo o las consecuencias ambientales que pueden derivarse del arrastre de contaminantes.

Esta limitación evidencia una desconexión entre los planes hidrológicos y las dinámicas ecológicas y territoriales del entorno, lo cual plantea la necesidad de revisar y complementar la gestión del riesgo con enfoques más integradores y sostenibles. En este sentido, se vuelve imprescindible reforzar la dimensión ambiental en la evaluación del riesgo, incorporando variables que consideren no solo la exposición humana y económica, sino también la integridad de los ecosistemas vulnerables, como el caso del Parque Natural de la Albufera.

La forma en que se gestiona el riesgo de inundación tiene una relación directa con las decisiones sobre el uso del suelo, y estas, a su vez, condicionan las propiedades físico-químicas del mismo, su capacidad de absorción, filtración y retención, así como su susceptibilidad al arrastre de contaminantes durante los episodios extremos. Por ello, es fundamental avanzar hacia políticas de ordenación territorial que no solo minimicen la exposición humana, sino que también se alineen con los objetivos de conservación ecológica y restauración del paisaje, especialmente en zonas húmedas y periurbanas sensibles.

En conclusión, este trabajo propone superar los enfoques fragmentados para adoptar una visión más sistémica que integre la gestión del riesgo con la planificación territorial y la protección ambiental. Solo a través de un marco coherente, que articule las distintas escalas de decisión y promueva medidas de prevención compatibles con los valores ecológicos del territorio, será posible evitar que futuras catástrofes no solo afecten a las personas, sino también comprometan de forma irreversible la funcionalidad de ecosistemas clave como la Albufera de Valencia.

5.4. Análisis integrado de sensibilidad territorial

Finalmente, el cruce entre factores ambientales y territoriales ofrece un resultado especialmente relevante, ya que permite abordar de forma integrada la complejidad de los procesos de arrastre de contaminantes. Estas dinámicas son altamente variables y su trazado requeriría un estudio exhaustivo y tecnologías avanzadas para recopilar e interpretar información con precisión. Por ello, no es suficiente analizarlas desde una única perspectiva; se requiere un enfoque multidisciplinar que contemple la interacción entre los usos del suelo y la respuesta del medio

A continuación, se presenta un **mapa del índice de impacto potencial**, elaborado con el objetivo de identificar zonas críticas combinando dos dimensiones clave: el **uso del suelo** y las **condiciones del terreno**. Este índice permite detectar áreas especialmente expuestas, aportando una visión más conservadora y detallada que la recogida en el PATRICOVA, al incorporar nuevas zonas de riesgo potencial no contempladas expresamente en dicho plan. Así, el mapa busca complementar y reforzar los instrumentos existentes, sirviendo de apoyo para una mejor gestión.

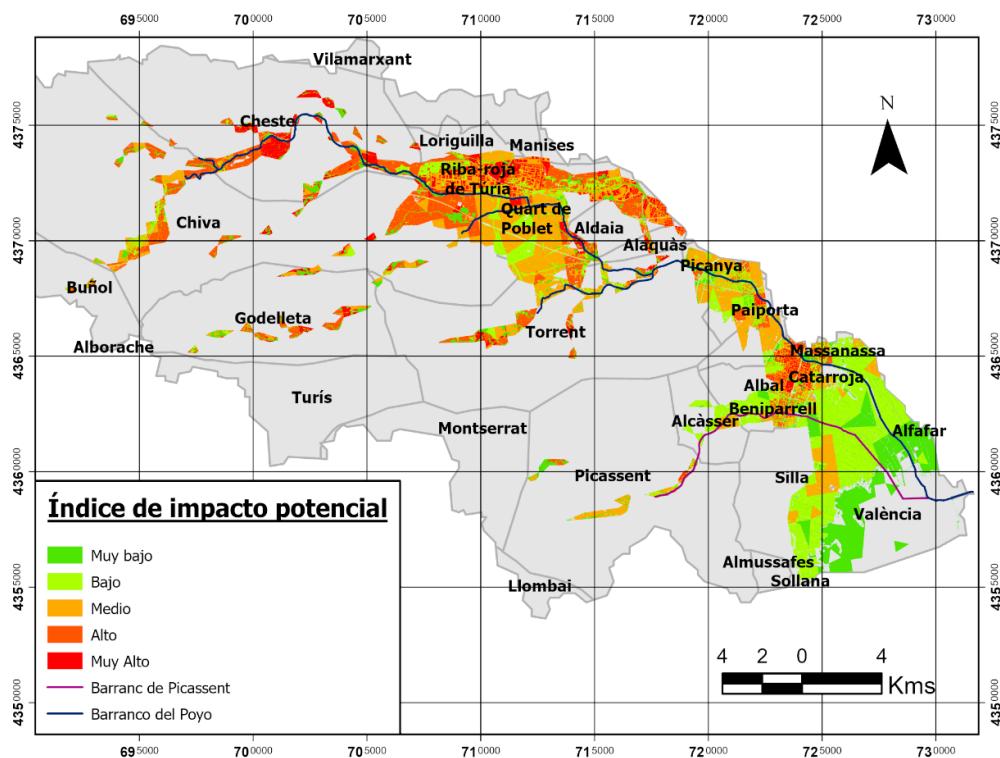


Ilustración 28. Mapa del índice de impacto potencial. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados evidencian el elevado nivel de riesgo que afrontan varios núcleos urbanos, especialmente aquellos asentados en las proximidades de barrancos efímeros como el Barranco del Poyo y el Barranco de Picassent. Las zonas identificadas en rojo representan los sectores más vulnerables, donde resulta prioritario implementar medidas de mitigación eficaces y establecer soluciones adaptativas como máxima urgencia en la planificación local.

Soluciones

El arrastre masivo de sedimentos contaminantes, residuos sólidos, vehículos y materiales peligrosos hacia la Albufera de València como consecuencia del episodio de DANA del 29 de octubre de 2024, ha puesto de manifiesto la complejidad de sus impactos y la necesidad de abordarlos desde múltiples dimensiones. No existe un único ámbito que pueda englobar de manera integral todas las consecuencias de este tipo de eventos extremos. Por ello, se constituyó la Comisión no permanente para la Recuperación de las zonas afectadas por la DANA de 2024 en la ciudad de València, que planteó un conjunto diverso de líneas de actuación. En el contexto de este trabajo, se destacan dos ejes principales de intervención directamente relacionados con la prevención del arrastre de contaminantes: las soluciones ambientales (basadas en la naturaleza) y las soluciones de ordenación del territorio, centradas en la planificación y gestión urbana.

6.1. Soluciones basadas en la naturaleza

La restauración de los sistemas ecológicos y el cambio hacia modelos de producción agrícola sostenibles representan una vía prioritaria para prevenir el arrastre de contaminantes en contextos de alta pluviometría. Entre ellas, las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) aplicadas al medio agrícola tienen un papel central. En particular, la mejora de la calidad edáfica mediante el incremento de la materia orgánica en los suelos agrícolas puede reducir de forma significativa el volumen de escorrentía superficial. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, su porosidad, capacidad de infiltración y resistencia a la erosión, al mismo tiempo que actúa como sumidero de carbono.

En la provincia de València, con más de 338.000 hectáreas de superficie agrícola y un contenido medio del 1,77 % de materia orgánica, un incremento hasta el 3 % permitiría almacenar hasta 97,41 hectómetros cúbicos de agua, lo que equivale a 2,6 veces la capacidad del embalse de Forata, cuya intervención fue decisiva para mitigar la avenida durante la DANA. Esta retención edáfica no solo evita el colapso de cauces y colectores, sino que reduce drásticamente el transporte de contaminantes agrícolas y urbanos hacia el humedal.

Frente al modelo convencional de agricultura, que empobrece el suelo y favorece la escorrentía contaminante, la agricultura regenerativa ofrece prácticas eficaces como el abonado orgánico, la siembra directa, las cubiertas vegetales, la rotación de cultivos o el uso de aperos específicos para mejorar la infiltración hídrica. Estas técnicas permiten, tras una fase de adaptación, mantener o incluso superar los rendimientos convencionales, con un impacto muy favorable sobre la resiliencia del sistema agrario. Por este motivo, la materia orgánica se ha ponderado con especial relevancia en el análisis de vulnerabilidad edáfica de este estudio.

6.2. Soluciones territoriales

La dimensión territorial y urbana es igualmente determinante en la dinámica de transporte de contaminantes hacia la Albufera. La adaptación del planeamiento urbano es una estrategia estructural para reducir tanto la exposición directa al riesgo como el volumen de contaminantes arrastrados por las lluvias extremas. Evitar la urbanización de zonas inundables, redirigir el crecimiento hacia sectores más seguros y conservar los flujos naturales del agua son medidas que reducen la impermeabilización del suelo y, por tanto, el volumen de escorrentía contaminante.

En este contexto, la implementación de soluciones de drenaje urbano sostenible (SUDS), como pavimentos permeables, tanques de tormenta, zonas verdes multifuncionales y sistemas de infiltración, permite retener y depurar parcialmente el agua de lluvia antes de que llegue a los cauces o al sistema de saneamiento. Estas infraestructuras verdes ralentizan los flujos, reducen la erosión y ayudan a filtrar contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua superficial.

Por último, es esencial el rediseño de las redes de saneamiento y drenaje, especialmente en pedanías y entornos periurbanos con conexión directa a acequias o canales próximos a la Albufera. La sustitución de redes unitarias por sistemas separativos, junto al refuerzo de estaciones de bombeo y colectores, reduce el riesgo de vertidos directos durante tormentas intensas. Todo ello debe ir acompañado de una revisión crítica y actualizada de los planes urbanísticos y de infraestructuras existentes, para asegurar su adecuación a las nuevas condiciones climáticas y de riesgo. En conjunto, estas actuaciones permiten limitar la descarga de aguas contaminadas, contribuyen a proteger la calidad ecológica del lago y mejoran la resiliencia del sistema urbano ante eventos extremos cada vez más frecuentes.

En resumen, la integración de criterios territoriales y urbanísticos en la gestión del riesgo resulta clave para reducir el arrastre de contaminantes hacia la Albufera. Medidas como la protección de zonas inundables, la aplicación de infraestructuras verdes y la modernización de redes de saneamiento permiten mitigar los efectos de la escorrentía contaminante.

7.1. Futuras líneas de actuación

La Comisión ha evaluado una amplia variedad de propuestas, identificando las distintas acciones asociadas a cada línea de actuación. Sin embargo, no todas ellas guardan relación directa con el fenómeno de la escorrentía contaminante analizado en este estudio. Por este motivo, en el siguiente apartado se recogen y sintetizan únicamente aquellas medidas que inciden de forma significativa en esta problemática y que resultan relevantes para los objetivos del trabajo.

1. Adaptación urbanística y planificación territorial

- Revisión del planeamiento urbano incorporando criterios de resiliencia hídrica.
- Rediseño de redes de alcantarillado y habilitación de espacios públicos inundables.

2. Revisión territorial y mejora del sistema de drenaje

- Planificación territorial adaptada al riesgo de inundación.
- Restauración de cauces naturales y aplicación de soluciones basadas en la naturaleza.
- Conexión del barranco del Poyo y la Saleta con el nuevo cauce del Turia.

3. Infraestructura de control y alerta temprana

- Ampliación del sistema SAIH y puntos de aforo en cuencas bajas.
- Sistemas de predicción de inundaciones en tiempo real.

4. Infraestructura ambiental y protección del ecosistema

- Refuerzo de motas municipales con vegetación palustre.
- Rediseño del saneamiento en pueblos limítrofes para evitar vertidos a la Albufera.
- Exigencia del cumplimiento del caudal ecológico en el Plan Hidrológico de Cuenca.

5. Medidas basadas en la naturaleza y gestión agraria

- Fomento de la agricultura regenerativa para reducir la escorrentía contaminante.
- Recuperación de la calidad edáfica en suelos agrícolas.
- Instalación de sistemas separativos y tanques de tormenta.

6. Gobernanza y cooperación intermunicipal

- Coordinación metropolitana para la ordenación del territorio y la gestión del riesgo.
- Promoción de planes integrados para toda la cuenca vertiente hacia la Albufera.

7. Financiación e impulso institucional

- Acceso al FSUE y a ayudas directas para infraestructuras hidráulicas.
- Priorización del gasto público en medidas estructurales de prevención.

Conclusiones

Tras un profundo análisis bidimensional, la situación de la Rambla del Poyo como vector de contaminantes durante las inundaciones provocadas por la DANA del 29 de octubre evidencia claramente la relación entre el impacto ambiental y el planeamiento urbano. El área de estudio fue delimitada atendiendo a los criterios más conservadores, considerando tanto el contexto de protección de la Albufera como los estudios más recientes de la cuenca hidrográfica. Se ha caracterizado el territorio, contextualizando su historia, la fauna y flora que lo habitan, las condiciones meteorológicas extraordinarias de aquel día, y los usos del suelo en la cuenca. Todo ello acompañado de una reflexión sobre los efectos adversos derivados de una mala gestión del territorio.

En cuanto al ámbito ambiental, se realizó una caracterización detallada de los efectos observados durante el episodio, destacando que no todos los suelos contaminaron de la misma manera. Este punto es clave para entender cómo, en contextos de inundación, se produce la remoción y redistribución de contaminantes con consecuencias severas. A partir de este análisis, se identificaron los potenciales contaminantes según las actividades que se desarrollan sobre cada tipo de suelo, concluyendo con un inventario que recoge tanto las posibles afecciones como los datos oficiales actualizados sobre la calidad del agua. La edafología se reveló como uno de los factores más críticos del episodio, actuando simultáneamente como origen del arrastre y como agravante de sus efectos, y ayudando a identificar con precisión las zonas más vulnerables.

Desde la perspectiva territorial, se revisaron los instrumentos de planificación vigentes en el área de estudio y se trazó una conexión directa entre ciertas decisiones urbanísticas y sus repercusiones medioambientales. Se elaboró una guía clara para entender el sistema de cartografías de zonas inundables, lo que permitió detectar las deficiencias en la gestión territorial. Esta revisión derivó en un resultado integral que combina el análisis del uso del suelo con la localización de las áreas más contaminantes, permitiendo así identificar aquellos lugares donde es urgente aplicar soluciones tanto ambientales como urbanísticas.

En definitiva, como se ha podido comprobar, la forma en que el ser humano ha transformado su entorno a lo largo del tiempo para adaptarse a las condiciones del terreno ha provocado que, en muchos casos, nos desvinculemos del hecho de que estos territorios forman parte de un sistema ambiental activo. Habitar un lugar implica comprender su origen natural, y por ello, a la hora de planificar su ocupación, resulta esencial prestar atención a sus dinámicas propias, entender el comportamiento de los seres vivos que lo habitan y, sobre todo, aplicar la tecnología adecuada para que esa ocupación sea lo más respetuosa y armónica posible con el entorno.

Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2024, 23 de diciembre). Estudio sobre la situación de lluvias intensas, localmente torrenciales y persistentes, en la Península Ibérica y Baleares entre los días 28 de octubre y 4 de noviembre de 2024 [Informe técnico]. AEMET. https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/estudio_28_oct_4_nov_2024.pdf

Alcaras, E. Flood Mud Index (FMI): A Rapid and Effective Tool for Mapping Muddy Areas After Floods—The Valencia Case. *Remote Sens.* 2025, 17, 770. <https://doi.org/10.3390/rs17050770>

Alcrudo, F., & Mulet, J. (2007). Description of the Tous Dam break case study (Spain). *Journal of Hydraulic Research*, 45(sup1), 45–57. <https://doi.org/10.1080/00221686.2007.9521832>

Barriendos, M., Gil-Guirado, S., Pino, D., Tuset, J., Pérez-Morales, A., Alberola, A., Costa, J., Balasch, J. C., Castelltort, X., Mazón, J., & Ruiz-Bellet, J. L. (2019). Climatic and social factors behind the Spanish Mediterranean flood event chronologies from documentary sources (14th–20th centuries). *Global and Planetary Change*, 182, 102997. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.102997>

Benito, G., Rabanaque Yuste, M. P., Sanchis-Ibor, C., Castillo, O., Tarrío, D., Calle, M., Martínez-Fernández, V., & Sánchez-Moya, Y. (2024). Monitorización de cambios geomorfológicos y transporte de carga de fondo durante flujos anuales en la rambla de Cervera (Castellón). *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 112, 195–229. <https://doi.org/10.7203/CGUV.112.29261>

Boongaling, C. G. K., Faustino-Eslava, D. V., & Lansigan, F. P. (2018). Modeling land use change impacts on hydrology and the use of landscape metrics as tools for watershed management: The case of an ungauged catchment in the Philippines. *Land Use Policy*, 72, 116–128. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.042>

- Brinkmann, M., Hudjetz, S., Kammann, U., Hennig, M., Kuckelkorn, J., Chinoraks, M., Cofalla, C., Wiseman, S., Giesy, J. P., Schäffer, A., Hecker, M., Wölz, J., Schüttrumpf, H., & Hollert, H. (2013). How flood events affect rainbow trout: Evidence of a biomarker cascade in rainbow trout after exposure to PAH-contaminated sediment suspensions. *Aquatic Toxicology*, 128, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.11.008>
- Buchty-Lemke, M., Hagemann, L., Maaß, A. L., Schüttrumpf, H., Brinkmann, M., Hudjetz, S., Cofalla, C., et al. (2010). A combined hydraulic and toxicological approach to assess re-suspended sediments during simulated flood events. Part I – Multiple biomarkers in rainbow trout. *Journal of Soils and Sediments*, 10(8), 1347–1361. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0271-x>
- Buchty-Lemke, M., Hagemann, L., Maaß, AL. et al. Floodplain chronology and sedimentation rates for the past 200 years derived from trace element gradients, organic compounds, and numerical modeling. *Environ Earth Sci* 78, 445 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8428-4>
- Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). (2024). Impacto pulverulento: Valoración del potencial impacto sobre la calidad del aire de los efectos de las recientes inundaciones en las poblaciones periféricas de Valencia. <https://www.ceam.es/es/calidad-del-aire-dana/>
- Chen, Q., Zhang, H., Allgeier, A., Zhou, Q., Ouellet, J. D., Crawford, S. E., Luo, Y., Yang, Y., Shi, H., & Hollert, H. (2019b). Marine microplastics bound dioxin-like chemicals: Model explanation and risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 364, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.032>
- Cheng, K, Xu, X., Cui, L., Li, Y., Zheng, J., Wu, W., Sun, J., & Pan, G. (2021). The role of soil in regulation of freshwater and coastal water quality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1840), 20200176. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0176>
- CHJ (2004). Síntesis de los estudios técnicos: Estudio para el desarrollo sostenible de L'Albufera de Valencia. Proyecto 7241-IN-OA-PC5/02/1-001-ed01. Valencia: Confederación Hidrográfica del Júcar.

- Conexión Geociencias-CSIC, PTI-CLIMA & Asociación Española de Climatología. (2025, 13 de mayo). Workshop “Eventos hidrológicos extremos y adaptación: el papel de las geociencias” [Conferencia]. Salón de Actos del CSIC, Madrid. <https://conexion-geociencias.csic.es/evento/workshop-eventos-hidrologicos-extremos-y-adaptacion-el-papel-de-las-geociencias/>
- Confederación Hidrográfica del Júcar. (2022, 3 de mayo). Estudio ambiental estratégico. Plan Hidrológico de la Demarcación y plan de gestión del riesgo de inundación (ciclo 2022–2027). Demarcación Hidrográfica del Júcar [Informe técnico]. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan-Hidrologico-cuenca-2021-2027/PHC/Documentos/PHJ2227_EAE_EstudioAmbientalestrategico_20220503_signed_signed.pdf
- Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica. (2022, 16 de febrero). Orden 2/2022, de 16 de febrero, por la que se actualizan los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna [2022/1325]. Diari Oficial de la Generalitat Valenciana, núm. 9283, pp. 8124–8162. https://dogv.gva.es/datos/2022/02/24/pdf/2022_1325.pdf
- Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio, Generalitat Valenciana. (s. f.). Historia y usos tradicionales, PN L’Albufera. Recuperado el 17 de junio de 2025, de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/historia>
- Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio, Generalitat Valenciana. (2025, 17 de junio). Huella de la zona de inundación por la DANA del 29-10-2024. Generalitat Valenciana. Recuperado el 17 de junio de 2025, de https://visor.gva.es/visor/?capas=spaicv0701_dana24_huella_inundacion.
- Crawford, S. E., Brinkmann, M., Ouellet, J. D., Lehmkuhl, F., Reicherter, K., Schwarzbauer, J., Bellanova, P., Letmathe, P., Blank, L. M., Weber, R., Brack, W., van Dongen, J. T., Menzel, L., Hecker, M., Schüttrumpf, H., & Hollert, H. (2021). Remobilization of pollutants during extreme flood events poses severe risks to human and environmental health. *Journal of Hazardous Materials*, 419, 126691. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126691>



- Dadson, S. J., Hall, J. W., Murgatroyd, A., Acreman, M., Bates, P., Beven, K., Heathwaite, L., Holden, J., Holman, I. P., Lane, S. N., O'Connell, E., Penning-Rowsell, E., Reynard, N., Sear, D., Thorne, C., & Wilby, R. (2017). A restatement of the natural science evidence concerning catchment-based 'natural' flood management in the UK. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 473(2199), 20160706. <https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0706>
- Defra. (2004). Department for Environment, Food and Rural Affairs. Making space for water: Developing a new government strategy for flood and coastal erosion risk management in England: A consultation exercise [Informe]. Crown copyright. <https://www.met.reading.ac.uk/~sws00rsp/teaching/postgrad/consultation%5B1%5D.pdf>
- Esser, V., Buchty-Lemke, M., Schulte, P., Podzun, L. S., & Lehmkuhl, F. (2020). Signatures of recent pollution profiles in comparable central European rivers – examples from the international River Basin District Meuse. *Catena*, 193, 104646. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104646>
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos (4.^a ed.; R. Vargas Rojas, Trad. y adapt.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content>
- Faranda, D., Alvarez-Castro, M. C., Ginesta, M., Coppola, E., & Pons, F. M. E. (2024). Heavy precipitations in October 2024 South-Eastern Spain DANA mostly strengthened by human-driven climate change. *ClimaMeter*, Institut Pierre Simon Laplace, CNRS. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14052042>
- Ferrer García, C. (2005). Asentamientos portuarios históricos del litoral meridional valenciano. *Méditerranée*, 104. <https://doi.org/10.4000/mediterranee.2122>
- García-Ruiz, J. M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., & González-Hidalgo, J. C. (2015). A meta-analysis of soil erosion rates across the world. *Geomorphology*, 239, 160–173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.008>

- Garg, V., Aggarwal, S. P., Gupta, P. K., Nikam, B. R., Thakur, P. K., Srivastav, S. K., & Senthil Kumar, A. (2017). Assessment of land use land cover change impact on hydrological regime of a basin. *Environmental Earth Sciences*, 76, 635. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6976-z>
- Generalitat Valenciana. (2025, 28 de febrero). Informe de seguimiento posterior a la DANA del 29 de octubre de 2024 en el Parque Natural de L'Albufera [Informe técnico]. Parques Naturales – Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio. https://parquesnaturales.gva.es/documents/80302883/388420232/11.+ALBUF_DANA_Seguiment+_21.02.25+%28Metales+Pesados+LODOS%29%28def%29.pdf
- Generalitat Valenciana. (s.f.). Funcionamiento hídrico del lago de l'Albufera. En *Informes medioambientales de agua*. Parques Naturales de la Comunidad Valenciana. <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/historia>
- Gobierno de España. (2022, 29 de diciembre). Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. *Boletín Oficial del Estado*, 312, 188873–188916. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/12/27/1051>
- Gobierno de España. (6 de noviembre de 2024). Real Decreto-ley 6/2024, de 5 de noviembre, por el que se adoptan medidas urgentes tras las inundaciones del 29 de octubre de 2024. *Boletín Oficial del Estado*, 267, 137030–137050. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2024-22928>
- Homeyer, C. R., McAuliffe, J. D., & Bedka, K. M. (2017). On the development of above-anvil cirrus plumes in extratropical convection. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 74(5), 1617–1633. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-16-0269.1>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- La Nauze, A., & Mezzetti, C. (2019). Dynamic incentive regulation of diffuse pollution. *Journal of Environmental Economics and Management*, 93, 127–143. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.11.009>

- Lewin, J. (1978). Floodplain geomorphology. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 2(3), 408–437. <https://doi.org/10.1177/030913337800200303>
- Llasat, M. C., Llasat-Botija, M., Rodriguez, A., & Lindbergh, S. (2010). Flash floods in Catalonia: A recurrent situation. *Advances in Geosciences*, 26, 105–111. <https://doi.org/10.5194/adgeo-26-105-2010>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Luckner, L., & Ščestakov, M. (1991). Migration processes in the soil and groundwater zone (translated from the German). Chelsea, MI: Lewis Publishers Incorporated. <https://books.google.es/books?id=ybCJzQEACAAJ>
- Martínez-Megías, C., Mentzel, S., Fuentes-Edfuf, Y., Moe, S. J., & Rico, A. (2023). Influence of climate change and pesticides use practices on the ecological risks of pesticides in a protected Mediterranean wetland: A Bayesian network approach. *Science of The Total Environment*, 878, 163018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163018>
- Martín-Moreno, J. M., García-López, E., Guerrero-Fernández, M., Alfonso-Sánchez, J. L., & Barach, P. (2025). Devastating “DANA” floods in Valencia: Insights on resilience, challenges, and strategies addressing future disasters. *Public Health Reviews*, 46. <https://doi.org/10.3389/phrs.2025.1608297>
- Múnera, J. C., & Francés, F. (2009). Integración del modelo TETIS en el sistema de alarma temprana DELFT FEWS para predicción de avenidas en tiempo real en algunas cuencas de la C.H. del Júcar. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia.
- Ponting, J., Kelly, T. J., Verhoef, A., Watts, M. J., & Sizmur, T. (2021). The impact of increased flooding occurrence on the mobility of potentially toxic elements in floodplain soil – A review. *Science of The Total Environment*, 754, 142040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142040>

Puertes, C., & Francés, F. (2016). La riada de Valencia de 1957: Reconstrucción hidrológica y sedimentológica y análisis comparativo con la situación actual. *Ingeniería del Agua*, 20(4), 181–199. <https://doi.org/10.4995/ia.2016.4772>

Research Centre. [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/european Soil Data Centre \(ESDAC\)](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/european%20Soil%20Data%20Centre%20(ESDAC)). (s. f.). Mapas de propiedades del suelo en Europa. European Commission, Joint Research Centre. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>

Rivas-Martínez, S. (2005). Pisos bioclimáticos: termotipos y ombrotipos. En Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (Ed.), *Avances en geobotánica* (pp. 33–46). Real Academia Nacional de Farmacia. <https://ranf.com/wp-content/uploads/academicos/ina/2005.pdf>

Rosselló i Verger, V. M. (1972). Los ríos Júcar y Turia en la génesis de la Albufera de Valencia. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10550/30642>.

Ruiz Fernández, Juan Manuel & León, Víctor & Marín-Guirao, Lázaro & Casalduero, Francisca & Álvarez-Rogel, José & Esteve-Selma, Miguel Angel & Gómez, Rosa & Robledano, Francisco & Barberá, Gonzalo & Martínez-Fernández, Julia. (2020). Informe de síntesis sobre el estado actual del Mar Menor y sus causas en relación a los contenidos de nutrientes.

Sadutto, D. (2021). Presiones antropogénicas en el Parque Natural de L'Albufera: Contaminación debida a fármacos y productos para el cuidado personal (Tesis doctoral, Universitat de València). TESEO. Recuperado de <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=NPYO1%2FahMWY%3D>

Soria, J. M., Muñoz, R., Campillo-Tamarit, N., & Molner, J. V. (2025). Flash-Flood-Induced Changes in the Hydrochemistry of the Albufera of Valencia Coastal Lagoon. *Diversity*, 17(2), 119. <https://doi.org/10.3390/d17020119>

Soria, J., Vera-Herrera, L., Calvo, S., Romo, S., Vicente, E., Sahuquillo, M., & Sòria-Perpinyà, X. (2021). Residence time analysis in the Albufera of Valencia, a Mediterranean coastal lagoon, Spain. *Hydrology*, 8(1), 37. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010037>



- Soriano, Y., Doñate, E., Asins, S., Andreu, V., & Picó, Y. (2024). Fingerprinting of Emerging Contaminants in L'Albufera Natural Park (Valencia, Spain): Implications for Wetland Ecosystem Health. *Chemosphere*, 364, 143199.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143199>
- Stagl, J. C., Mayr, E., Koch, H., Hattermann, F. F., & Huang, S. (2014). Effects of climate change on the hydrological cycle in Central and Eastern Europe. En S. Rannow & M. Neubert (Eds.), *Managing protected areas in Central and Eastern Europe under climate change (Advances in Global Change Research, 58, págs. 31-43)*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0_3
- Thomsen, A., Farinós, J., & Perero, E. (Coords.). (2021). *Soluciones ante los riesgos climáticos en ríos y costas*. Fundación Conama.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2006). *Health risks from TCDD, other dioxins, and dioxin-like compounds: Evaluation of the EPA reassessment*. National Academies Press. <https://www.ejnet.org/dioxin/nas2006.pdf>
- Universitat de València. (2025, 14 de febrero). La DANA provocó en un día el volumen de sedimentación habitual de 30 años en la Albufera [Nota de prensa]. Universitat de València. <https://www.uv.es/uvweb/college/en/profile/dana-caused-one-day-usual-sedimentation-volume-30-years-albufera-1285950309813/Novetat.html?id=1286418183480>
- Vargas-Luna, A., Duró, G., Crosato, A., & Uijtewaal, W. (2019). Morphological adaptation of river channels to vegetation establishment: A laboratory study. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124(7), 1862–1882. <https://doi.org/10.1029/2018JF004878>
- Vázquez Tarrío, D., Díez Herrero, A., & Vela, A. L. (2024, 4 de noviembre). En las riadas, no sólo daña el agua; daña más el barro. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/en-las-riadas-no-solo-dana-el-agua-dana-mas-el-barro>



Wan, Y., Liu, J., Zhuang, Z., Wang, Q., & Li, H. (2024). Heavy metals in agricultural soils: Sources, influencing factors, and remediation strategies. *Toxics*, 12(1), 63.
<https://doi.org/10.3390/toxics12010063>